

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002124

International filing date: 14 February 2005 (14.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-035891  
Filing date: 13 February 2004 (13.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 March 2005 (17.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

22. 2. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年 2月13日

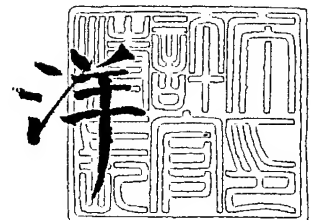
出願番号  
Application Number: 特願2004-035891  
[ST. 10/C]: [JP2004-035891]

出願人  
Applicant(s): 日本電気株式会社  
富士通株式会社  
株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ

2005年 1月 7日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3120661

【書類名】 特許願  
【整理番号】 49200431  
【提出日】 平成16年 2月13日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04B 7/26  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 伊藤 匠  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 吉田 尚正  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内  
    【氏名】 鹿倉 義一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内  
    【氏名】 関 宏之  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・  
    【氏名】 ティ・ドコモ内  
    川合 裕之  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・  
    【氏名】 ティ・ドコモ内  
    樋口 健一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・  
    【氏名】 ティ・ドコモ内  
    佐和橋 衛  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004237  
    【氏名又は名称】 日本電気株式会社  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005223  
    【氏名又は名称】 富士通株式会社  
【特許出願人】  
    【識別番号】 392026693  
    【氏名又は名称】 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ  
【代理人】  
    【識別番号】 100088812  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 ▲柳▼川 信  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 030982  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9001833



**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行う手段とを前記受信装置に有することを特徴とする無線通信システム。

**【請求項 2】**

N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力する手段とを前記受信装置に有することを特徴とする無線通信システム。

**【請求項 3】**

N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号のビットに対する尤度を出力する手段とを前記受信装置に有することを特徴とする無線通信システム。

**【請求項 4】**

前記ヌリリングを行う手段は、ヌリリングとしてチャネル行列をQR分解して得たQ行列の複素共役転置行列を用いることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか記載の無線通信システム。

**【請求項 5】**

前記ヌリリングした信号を基に第Mの送信アンテナから送信された送信系列から、第1の送信アンテナから送信された送信系列へと降順に前記送信信号の復調を行うことを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか記載の無線通信システム。

**【請求項 6】**

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数からなるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記変換信号と前記R行列とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

**【請求項 7】**

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数からなるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基に前記変換信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記シンボル候補と前記R行列とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

**【請求項 8】**

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記変換信号と前記R行列とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項9】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数から構成されるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項10】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基に復調系列に対するシンボル候補を選択して送信シンボル候補を出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信シンボル候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項11】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以下の整

数)の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記送信系列推定装置から出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項12】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数から構成されるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個(Lは1以上、M以下の整数)の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記受信信号を基に(M-L)個の復調信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補と前記シンボル候補とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項13】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個(Lは1以上、M以下の整数)の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記受信信号を基に(M-L)個の変換信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記シンボル候補と前記送信系列候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記送信系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを前記受信装置に含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項14】

前記送信系列推定装置は、P段(Pは1以上の整数)の尤度計算装置群と信号選択装置群とを含み、

第p段(pは1以上、P以下の整数)の尤度計算装置群は、 $K_p$ 個( $K_p$ は1以上の整数)の尤度計算装置から構成され、

前記尤度計算装置各々は、変換信号と、前記R行列と、第(p-1)段の信号選択装置から出力される $L_{p-1}$ 個( $L_{p-1}$ は1以上の整数)の誤差信号と、送信シンボル候補とを基に第p段での尤度の計算及び前記送信シンボル候補の生成を行い、

第p段の信号選択装置は、前記第p段の尤度計算装置群から出力された $K_p$ 個の尤度と前記送信シンボル候補とを基に $L_p$ 個( $L_p$ は1以上の整数)の最大尤度と当該尤度を与える $L_p$ 個の送信シンボル候補とを出力することを特徴とする請求項6から請求項13のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項15】

前記送信系列推定装置は、 $P$  段 ( $P$  は 1 以上の整数) の尤度計算装置群と信号選択装置群とを備え、

第  $p$  段 ( $p$  は 1 以上、 $P$  以下の整数) の尤度計算装置群は、 $K_p$  個 ( $K_p$  は 1 以上の整数) の尤度計算装置から構成され、

各尤度計算装置は、変換信号と、前記  $R$  行列と、第  $(p-1)$  段の信号選択装置から出力される  $K_{p-1}$  個 ( $K_{p-1}$  は 1 以上の整数) の誤差信号と、送信シンボル候補とを基に第  $p$  段での尤度の計算及び前記送信シンボル候補の生成を行い、

第  $p$  段の信号選択装置は、前記第  $p$  段の尤度計算装置群から出力された  $K_p$  個の尤度と前記送信シンボル候補とを基に  $K_p+1$  個の最大尤度と当該尤度を与える  $K_p+1$  個の送信シンボル候補とを出力することを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 16】

前記送信系列推定装置は、 $M$  段 ( $M$  は 2 以上の整数) の尤度計算装置群と、 $M$  段の信号選択装置群とからなることを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 17】

前記送信系列推定装置は、 $N$  段 ( $N$  は 2 以上の整数) の尤度計算装置群と、 $M$  段の信号選択装置群とからなることを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 18】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択して出力することを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 19】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列の尤度を出力することを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 20】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列で送信されたビット系列の尤度を出力することを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 21】

前記送信系列推定装置は、前記  $R$  行列成分を用いて変換信号レプリカを生成し、前記変換信号レプリカと前記受信信号とから測定される物理量を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 22】

前記尤度計算装置は、前記受信信号と前記変換信号レプリカとの自乗ユークリッド距離を用いて尤度計算を行うことを特徴とする請求項 21 記載の無線通信システム。

【請求項 23】

前記尤度計算装置は、前記受信信号と前記変換信号レプリカとのユークリッド距離を用いて尤度計算を行うことを特徴とする請求項 21 記載の無線通信システム。

【請求項 24】

前記送信シンボル候補選択装置は、線形フィルタを用いることを特徴とする請求項 7 と請求項 10 と請求項 12 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 25】

前記送信シンボル候補選択装置は、最尤系列推定を用いることを特徴とする請求項 7 と請求項 10 と請求項 12 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 26】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力を用いることを特徴とする請求

項 8 と請求項 10 と請求項 11 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 27】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力対雑音電力比を用いることを特徴とする請求項 8 と請求項 10 と請求項 11 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 28】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力対雑音電力及び干渉電力比を用いることを特徴とする請求項 8 と請求項 10 と請求項 11 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 29】

前記送信系列候補選択装置は、線形フィルタを用いることを特徴とする請求項 9 と請求項 11 と請求項 12 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 30】

前記送信系列候補選択装置は、最尤系列推定を用いることを特徴とする請求項 9 と請求項 11 と請求項 12 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 31】

前記優先順位決定装置は、前記 M 本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の変調方式によって変調され、それら各変調方式がそれぞれ異なった数の信号点を有する場合において、前記送信アンテナ各々における前記変調方式を基に前記優先順位を決定することを特徴とする請求項 8 と請求項 10 と請求項 11 と請求項 13 とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 32】

前記送信アンテナそれぞれにおいて変調多値数の小さい系列を持つアンテナを優先することを特徴とする請求項 31 記載の無線通信システム。

【請求項 33】

前記信号選択装置は、前記 M 本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の変調方式によって変調され、それら各変調方式がそれぞれ異なった数の信号点を有する場合において、次段の尤度計算装置で処理される送信アンテナにおける前記変調方式に応じて出力する誤差信号及び送信シンボル候補の数を決定することを特徴とする請求項 14 から請求項 20 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 34】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との自乗ユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号との自乗ユークリッド距離との差を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 35】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との第 1 の自乗ユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号との第 2 の自乗ユークリッド距離とを蓄積しかつ蓄積した自乗ユークリッド距離を基に仮の自乗ユークリッド距離を出力する蓄積装置を含み、

前記尤度計算装置は、前記第 1 及び第 2 の自乗ユークリッド距離のうちのいずれかが出力されない時に前記仮の自乗ユークリッド距離を用いて前記尤度計算を行うことを特徴とする請求項 34 記載の無線通信システム。

【請求項 36】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号とのユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号とのユークリッド距離との差を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 6 から請求項 13 のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項 37】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との第 1 のユ

ークリッド距離と、ビット1における変換信号レプリカと受信信号との第2のユークリッド距離とを蓄積しかつ蓄積したユークリッド距離を基に仮のユークリッド距離を出力する蓄積装置を含み、

前記尤度計算装置は、前記第1及び第2のユークリッド距離のうちのいずれかが出力されない時に前記仮のユークリッド距離を用いて前記尤度計算を行うことを特徴とする請求項36記載の無線通信システム。

【請求項38】

前記優先順位決定装置は、前記M本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の符号化率によって符号化される場合において、前記送信アンテナ各々における前記符号化率を基に前記優先順位を決定することを特徴とする請求項8と請求項10と請求項11と請求項13とのいずれか記載の無線通信システム。

【請求項39】

前記チャネル係数推定装置は、M本(Mは2以上の整数)の送信アンテナを備える送信装置において、送信アンテナ毎に固有でかつ受信装置側で既知のシンボルパターンで周期的に送信されたパイロットシンボルを用いてチャネル係数を推定することを特徴とする請求項6から請求項13のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項40】

前記 $Q^H$ 演算装置は、送信装置において送信信号が予め拡散されてから送信される場合に、受信信号を逆拡散した逆拡散後の受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力することを特徴とする請求項6から請求項13のいずれか記載の無線通信システム。

【請求項41】

N本(Nは2以上の整数)の受信アンテナを備える受信装置において、M本(Mは2以上の整数)の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号をヌリリングする手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行う手段とを有することを特徴とする受信装置。

【請求項42】

N本(Nは2以上の整数)の受信アンテナを備える受信装置において、M本(Mは2以上の整数)の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力する手段とを有することを特徴とする受信装置。

【請求項43】

N本(Nは2以上の整数)の受信アンテナを備える受信装置において、M本(Mは2以上の整数)の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号のビットに対する尤度を出力する手段とを有することを特徴とする受信装置。

【請求項44】

前記ヌリリングを行う手段は、ヌリリングとしてチャネル行列をQR分解して得たQ行列の複素共役転置行列を用いることを特徴とする請求項41から請求項43のいずれか記載の受信装置。

【請求項45】

前記ヌリリングした信号を基に第Mの送信アンテナから送信された送信系列から、第1の送信アンテナから送信された送信系列へと降順に前記送信信号の復調を行うことを特徴とする請求項41から請求項43のいずれか記載の受信装置。

【請求項46】



受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数からなるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記変換信号と前記R行列とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項41から請求項45のいずれか記載の受信装置。

【請求項47】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数からなるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基に前記変換信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記シンボル候補と前記R行列とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項41から請求項45のいずれか記載の受信装置。

【請求項48】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記変換信号と前記R行列とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項41から請求項45のいずれか記載の受信装置。

【請求項49】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数から構成されるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個(Lは1以上、M以下の整数)の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項41から請求項45のいずれか記載の受信装置。

【請求項50】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記

受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基に復調系列に対するシンボル候補を選択して送信シンボル候補を出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信シンボル候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項41から請求項45のいずれか記載の受信装置。

【請求項51】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記送信系列推定装置から出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項41から請求項45のいずれか記載の受信装置。

【請求項52】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数から構成されるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記受信信号を基に（M-L）個の復調信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補と前記シンボル候補とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項41から請求項45のいずれか記載の受信装置。

【請求項53】

受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記受信信号を基に（M-L）個の変換信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記シンボル候補と前記送信系列候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によ



って送信されたビットに対する尤度との中の少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記送信系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度との中の少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項 41 から請求項 45 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 54】

前記送信系列推定装置は、 $P$  段 ( $P$  は 1 以上の整数) の尤度計算装置群と信号選択装置群とを含み、

第  $p$  段 ( $p$  は 1 以上、 $P$  以下の整数) の尤度計算装置群は、 $K_p$  個 ( $K_p$  は 1 以上の整数) の尤度計算装置から構成され、

前記尤度計算装置各々は、変換信号と、前記  $R$  行列と、第 ( $p-1$ ) 段の信号選択装置から出力される  $L_{p-1}$  個 ( $L_{p-1}$  は 1 以上の整数) の誤差信号と、送信シンボル候補とを基に第  $p$  段での尤度の計算及び前記送信シンボル候補の生成を行い、

第  $p$  段の信号選択装置は、前記第  $p$  段の尤度計算装置群から出力された  $K_p$  個の尤度と前記送信シンボル候補とを基に  $L_p$  個 ( $L_p$  は 1 以上の整数) の最大尤度と当該尤度を与える  $L_p$  個の送信シンボル候補とを出力することを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 55】

前記送信系列推定装置は、 $P$  段 ( $P$  は 1 以上の整数) の尤度計算装置群と信号選択装置群とを備え、

第  $p$  段 ( $p$  は 1 以上、 $P$  以下の整数) の尤度計算装置群は、 $K_p$  個 ( $K_p$  は 1 以上の整数) の尤度計算装置から構成され、

各尤度計算装置は、変換信号と、前記  $R$  行列と、第 ( $p-1$ ) 段の信号選択装置から出力される  $K_{p-1}$  個 ( $K_{p-1}$  は 1 以上の整数) の誤差信号と、送信シンボル候補とを基に第  $p$  段での尤度の計算及び前記送信シンボル候補の生成を行い、

第  $p$  段の信号選択装置は、前記第  $p$  段の尤度計算装置群から出力された  $K_p$  個の尤度と前記送信シンボル候補とを基に  $K_p+1$  個の最大尤度と当該尤度を与える  $K_p+1$  個の送信シンボル候補とを出力することを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 56】

前記送信系列推定装置は、 $M$  段 ( $M$  は 2 以上の整数) の尤度計算装置群と、 $M$  段の信号選択装置群とからなることを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 57】

前記送信系列推定装置は、 $N$  段 ( $N$  は 2 以上の整数) の尤度計算装置群と、 $M$  段の信号選択装置群とからなることを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 58】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択して出力することを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 59】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列の尤度を出力することを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 60】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列で送信されたビット系列の尤度を出力することを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 61】

前記送信系列推定装置は、前記R行列成分を用いて変換信号レプリカを生成し、前記変換信号レプリカと前記受信信号とから測定される物理量を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項46から請求項53のいずれか記載の受信装置。

【請求項62】

前記尤度計算装置は、前記受信信号と前記変換信号レプリカとの自乗ユークリッド距離を用いて尤度計算を行うことを特徴とする請求項61記載の受信装置。

【請求項63】

前記尤度計算装置は、前記受信信号と前記変換信号レプリカとのユークリッド距離を用いて尤度計算を行うことを特徴とする請求項61記載の受信装置。

【請求項64】

前記送信シンボル候補選択装置は、線形フィルタを用いることを特徴とする請求項47と請求項49と請求項52と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項65】

前記送信シンボル候補選択装置は、最尤系列推定を用いることを特徴とする請求項47と請求項49と請求項52と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項66】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力を用いることを特徴とする請求項48と請求項50と請求項51と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項67】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力対雑音電力比を用いることを特徴とする請求項48と請求項50と請求項51と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項68】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力対雑音電力及び干渉電力比を用いることを特徴とする請求項48と請求項50と請求項51と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項69】

前記送信系列候補選択装置は、線形フィルタを用いることを特徴とする請求項49と請求項51と請求項52と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項70】

前記送信系列候補選択装置は、最尤系列推定を用いることを特徴とする請求項49と請求項51と請求項52と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項71】

前記優先順位決定装置は、前記M本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の変調方式によって変調され、それら各変調方式がそれぞれ異なった数の信号点を有する場合において、前記送信アンテナ各々における前記変調方式を基に前記優先順位を決定することを特徴とする請求項48と請求項50と請求項51と請求項53とのいずれか記載の受信装置。

【請求項72】

前記送信アンテナそれぞれにおいて変調多値数の小さい系列を持つアンテナを優先することを特徴とする請求項71記載の受信装置。

【請求項73】

前記信号選択装置は、前記M本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の変調方式によって変調され、それら各変調方式がそれぞれ異なった数の信号点を有する場合において、次段の尤度計算装置で処理される送信アンテナにおける前記変調方式に応じて出力する誤差信号及び送信シンボル候補の数を決定することを特徴とする請求項54から請求項60のいずれか記載の受信装置。

【請求項74】

前記送信系列推定装置は、ビット0における変換信号レプリカと受信信号との自乗ユークリッド距離と、ビット1における変換信号レプリカと受信信号との自乗ユークリッド距

離との差を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 75】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との第 1 の自乗ユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号との第 2 の自乗ユークリッド距離とを蓄積しかつ蓄積した自乗ユークリッド距離を基に仮の自乗ユークリッド距離を出力する蓄積装置を含み、

前記尤度計算装置は、前記第 1 及び第 2 の自乗ユークリッド距離のうちのいずれかが出力されない時に前記仮の自乗ユークリッド距離を用いて前記尤度計算を行うことを特徴とする請求項 74 記載の受信装置。

【請求項 76】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号とのユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号とのユークリッド距離との差を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 77】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との第 1 のユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号との第 2 のユークリッド距離とを蓄積しかつ蓄積したユークリッド距離を基に仮のユークリッド距離を出力する蓄積装置を含み、

前記尤度計算装置は、前記第 1 及び第 2 のユークリッド距離のうちのいずれかが出力されない時に前記仮のユークリッド距離を用いて前記尤度計算を行うことを特徴とする請求項 76 記載の受信装置。

【請求項 78】

前記優先順位決定装置は、前記 M 本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の符号化率によって符号化される場合において、前記送信アンテナ各々における前記符号化率を基に前記優先順位を決定することを特徴とする請求項 44 と請求項 46 と請求項 47 と請求項 49 とのいずれか記載の受信装置。

【請求項 79】

前記チャネル係数推定装置は、M 本 (M は 2 以上の整数) の送信アンテナを備える送信装置において、送信アンテナ毎に固有でかつ受信装置側で既知のシンボルパターンで周期的に送信されたパイロットシンボルを用いてチャネル係数を推定することを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 80】

前記  $Q^H$  演算装置は、送信装置において送信信号が予め拡散されてから送信される場合に、受信信号を逆拡散した逆拡散後の受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記  $Q$  行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力することを特徴とする請求項 46 から請求項 53 のいずれか記載の受信装置。

【請求項 81】

N 本 (N は 2 以上の整数) の受信アンテナを備える受信装置において、M 本 (M は 2 以上の整数) の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法であって、前記受信装置側に、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行うステップと、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行うステップとを有することを特徴とする復調方法。

【請求項 82】

N 本 (N は 2 以上の整数) の受信アンテナを備える受信装置において、M 本 (M は 2 以上の整数) の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法であって、前記受信装置側に、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリ

ングを行うステップと、そのヌリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力するステップとを有することを特徴とする復調方法。

【請求項 83】

N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法であって、前記受信装置側に、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリングを行うステップと、そのヌリングした信号を基に前記送信信号のビットに対する尤度を出力するステップとを有することを特徴とする復調方法。

【請求項 84】

前記ヌリングを行うステップは、ヌリングとしてチャネル行列をQR分解して得たQ行列の複素共役転置行列を用いることを特徴とする請求項81から請求項83のいずれか記載の復調方法。

【請求項 85】

前記ヌリングした信号を基に第Mの送信アンテナから送信された送信系列から、第1の送信アンテナから送信された送信系列へと降順に前記送信信号の復調を行うことを特徴とする請求項81から請求項83のいずれか記載の復調方法。

【請求項 86】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数からなるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記変換信号と前記R行列とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項81から請求項85のいずれか記載の復調方法。

【請求項 87】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記チャネル係数からなるチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基に前記変換信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記シンボル候補と前記R行列とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項81から請求項85のいずれか記載の復調方法。

【請求項 88】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記変換信号と前記R行列とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項81から請求項85のいずれか記載の復調方

法。

【請求項 8 9】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャンネル係数の推定を行って出力するチャンネル係数推定装置と、前記チャンネル係数から構成されるチャンネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項 8 1 から請求項 8 5 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 9 0】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャンネル係数の推定を行って出力するチャンネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャンネル係数推定装置で推定されたチャンネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャンネル係数の並び替えを行って変形チャンネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャンネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基に復調系列に対するシンボル候補を選択して送信シンボル候補を出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信シンボル候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項 8 1 から請求項 8 5 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 9 1】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャンネル係数の推定を行って出力するチャンネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャンネル係数推定装置で推定されたチャンネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャンネル係数の並び替えを行って変形チャンネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャンネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記送信系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項 8 1 から請求項 8 5 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 9 2】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャンネル係数の推定を行って出力するチャンネル係数推定装置と、前記チャンネル係数から構成されるチャンネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基にL個（Lは1以上、M以

下の整数)の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記受信信号を基に $(M-L)$ 個の復調信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記送信系列候補と前記シンボル候補とを基に送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とを含むことを特徴とする請求項81から請求項85のいずれか記載の復調方法。

【請求項93】

前記受信装置は、受信信号を基に前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間各々の前記チャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、前記受信信号を基に前記送信アンテナから送信された送信系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、前記チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と前記優先順位決定装置で決定された優先順位とを基に前記チャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、前記変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、前記受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記Q行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、前記受信信号を基に $L$ 個( $L$ は1以上、 $M$ 以下の整数)の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、前記受信信号を基に $(M-L)$ 個の変換信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、前記変換信号と前記R行列と前記シンボル候補と前記送信系列候補とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、前記送信系列推定装置からの出力と前記優先順位とを基に前記送信系列と前記送信系列に対する尤度と前記送信系列によって送信されたビットに対する尤度とのうちの少なくとも一つを復元して出力する復元装置とを含むことを特徴とする請求項81から請求項85のいずれか記載の復調方法。

【請求項94】

前記送信系列推定装置は、 $P$ 段( $P$ は1以上の整数)の尤度計算装置群と信号選択装置群とを含み、

第 $p$ 段( $p$ は1以上、 $P$ 以下の整数)の尤度計算装置群は、 $K_p$ 個( $K_p$ は1以上の整数)の尤度計算装置から構成され、

前記尤度計算装置各々は、変換信号と、前記R行列と、第 $(p-1)$ 段の信号選択装置から出力される $L_{p-1}$ 個( $L_{p-1}$ は1以上の整数)の誤差信号と、送信シンボル候補とを基に第 $p$ 段での尤度の計算及び前記送信シンボル候補の生成を行い、

第 $p$ 段の信号選択装置は、前記第 $p$ 段の尤度計算装置群から出力された $K_p$ 個の尤度と前記送信シンボル候補とを基に $L_p$ 個( $L_p$ は1以上の整数)の最大尤度と当該尤度を与える $L_p$ 個の送信シンボル候補とを出力することを特徴とする請求項86から請求項93のいずれか記載の復調方法。

【請求項95】

前記送信系列推定装置は、 $P$ 段( $P$ は1以上の整数)の尤度計算装置群と信号選択装置群とを備え、

第 $p$ 段( $p$ は1以上、 $P$ 以下の整数)の尤度計算装置群は、 $K_p$ 個( $K_p$ は1以上の整数)の尤度計算装置から構成され、

各尤度計算装置は、変換信号と、前記R行列と、第 $(p-1)$ 段の信号選択装置から出力される $K_{p-1}$ 個( $K_{p-1}$ は1以上の整数)の誤差信号と、送信シンボル候補とを基に第 $p$ 段での尤度の計算及び前記送信シンボル候補の生成を行い、

第 $p$ 段の信号選択装置は、前記第 $p$ 段の尤度計算装置群から出力された $K_p$ 個の尤度と前記送信シンボル候補とを基に $K_p+1$ 個の最大尤度と当該尤度を与える $K_p+1$ 個の送信シンボル候補とを出力することを特徴とする請求項86から請求項93のいずれか記載の復調方法。

【請求項96】

前記送信系列推定装置は、 $M$ 段( $M$ は2以上の整数)の尤度計算装置群と、 $M$ 段の信号



選択装置群とからなることを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 97】

前記送信系列推定装置は、N 段（N は 2 以上の整数）の尤度計算装置群と、M 段の信号選択装置群とからなることを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 98】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択して出力することを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 99】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列の尤度を出力することを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 100】

前記送信系列推定装置は、複数段の信号選択装置を含み、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列で送信されたビット系列の尤度を出力することを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 101】

前記送信系列推定装置は、前記 R 行列成分を用いて変換信号レプリカを生成し、前記変換信号レプリカと前記受信信号とから測定される物理量を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 102】

前記尤度計算装置は、前記受信信号と前記変換信号レプリカとの自乗ユークリッド距離を用いて尤度計算を行うことを特徴とする請求項 101 記載の復調方法。

【請求項 103】

前記尤度計算装置は、前記受信信号と前記変換信号レプリカとのユークリッド距離を用いて尤度計算を行うことを特徴とする請求項 101 記載の復調方法。

【請求項 104】

前記送信シンボル候補選択装置は、線形フィルタを用いることを特徴とする請求項 87 と請求項 90 と請求項 92 と請求項 93 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 105】

前記送信シンボル候補選択装置は、最尤系列推定を用いることを特徴とする請求項 87 と請求項 90 と請求項 92 と請求項 93 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 106】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力を用いることを特徴とする請求項 88 と請求項 90 と請求項 91 と請求項 93 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 107】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力対雑音電力比を用いることを特徴とする請求項 88 と請求項 90 と請求項 91 と請求項 93 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 108】

前記優先順位決定装置は、前記送信系列各々の受信電力対雑音電力及び干渉電力比を用いることを特徴とする請求項 88 と請求項 90 と請求項 91 と請求項 93 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 109】

前記送信系列候補選択装置は、線形フィルタを用いることを特徴とする請求項 89 と請求項 91 と請求項 92 と請求項 93 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 110】

前記送信系列候補選択装置は、最尤系列推定を用いることを特徴とする請求項 89 と請

求項 9 1 と請求項 9 2 と請求項 9 3 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 1 1 1】

前記優先順位決定装置は、前記 M 本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の変調方式によって変調され、それら各変調方式がそれぞれ異なった数の信号点を有する場合において、前記送信アンテナ各々における前記変調方式を基に前記優先順位を決定することを特徴とする請求項 8 8 と請求項 9 0 と請求項 9 1 と請求項 9 3 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 1 1 2】

前記送信アンテナそれぞれにおいて変調多値数の小さい系列を持つアンテナを優先することを特徴とする請求項 1 1 1 記載の復調方法。

【請求項 1 1 3】

前記信号選択装置は、前記 M 本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の変調方式によって変調され、それら各変調方式がそれぞれ異なった数の信号点を有する場合において、次段の尤度計算装置で処理される送信アンテナにおける前記変調方式に応じて出力する誤差信号及び送信シンボル候補の数を決定することを特徴とする請求項 9 4 から請求項 1 0 0 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 1 1 4】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との自乗ユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号との自乗ユークリッド距離との差を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 8 6 から請求項 9 3 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 1 1 5】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との第 1 の自乗ユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号との第 2 の自乗ユークリッド距離とを蓄積しかつ蓄積した自乗ユークリッド距離を基に仮の自乗ユークリッド距離を出力する蓄積装置を含み、

前記尤度計算装置は、前記第 1 及び第 2 の自乗ユークリッド距離のうちのいずれかが出力されない時に前記仮の自乗ユークリッド距離を用いて前記尤度計算を行うことを特徴とする請求項 1 1 4 記載の復調方法。

【請求項 1 1 6】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号とのユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号とのユークリッド距離との差を用いて尤度計算を行う尤度計算装置を含むことを特徴とする請求項 8 6 から請求項 9 3 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 1 1 7】

前記送信系列推定装置は、ビット 0 における変換信号レプリカと受信信号との第 1 のユークリッド距離と、ビット 1 における変換信号レプリカと受信信号との第 2 のユークリッド距離とを蓄積しかつ蓄積したユークリッド距離を基に仮のユークリッド距離を出力する蓄積装置を含み、

前記尤度計算装置は、前記第 1 及び第 2 のユークリッド距離のうちのいずれかが出力されない時に前記仮のユークリッド距離を用いて前記尤度計算を行うことを特徴とする請求項 1 1 6 記載の復調方法。

【請求項 1 1 8】

前記優先順位決定装置は、前記 M 本の送信アンテナから送信されるデータ系列がそれぞれ独立の符号化率によって符号化される場合において、前記送信アンテナ各々における前記符号化率を基に前記優先順位を決定することを特徴とする請求項 8 8 と請求項 9 0 と請求項 9 1 と請求項 9 3 とのいずれか記載の復調方法。

【請求項 1 1 9】

前記チャネル係数推定装置は、M 本（M は 2 以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置において送信アンテナ毎に固有でかつ受信装置側で既知のシンボルパターンで周期的



に送信されたパイロットシンボルを用いてチャネル係数を推定することを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 120】

前記  $Q^H$  演算装置は、送信装置において送信信号が予め拡散されてから送信される場合に、受信信号を逆拡散した逆拡散後の受信信号を要素とする受信信号ベクトルに前記  $Q$  行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力することを特徴とする請求項 86 から請求項 93 のいずれか記載の復調方法。

【請求項 121】

$N$ 本 ( $N$ は 2 以上の整数) の受信アンテナを備える受信装置において、 $M$ 本 ( $M$ は 2 以上の整数) の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法のプログラムであって、コンピュータに、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う処理と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行う処理とを実行させるためのプログラム。

【請求項 122】

$N$ 本 ( $N$ は 2 以上の整数) の受信アンテナを備える受信装置において、 $M$ 本 ( $M$ は 2 以上の整数) の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法のプログラムであって、コンピュータに、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う処理と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力する処理とを実行させるためのプログラム。

【請求項 123】

$N$ 本 ( $N$ は 2 以上の整数) の受信アンテナを備える受信装置において、 $M$ 本 ( $M$ は 2 以上の整数) の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法のプログラムであって、コンピュータに、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う処理と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号のビットに対する尤度を出力する処理とを実行させるためのプログラム。

## 【書類名】 明細書

【発明の名称】 無線通信システム、受信装置及びそれらに用いる復調方法並びにそのプログラム

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は無線通信システム、受信装置及びそれらに用いる復調方法並びにそのプログラムに関し、特に複数の送受信アンテナを用いた無線通信システムの受信装置における復調方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、この種の無線通信システムにおいては、図32に示すように、受信装置800が複数の受信アンテナ801-1～801-4を用い、最尤系列推定による復調方法にて受信信号の復調を行っている。図32においては、3本の送信アンテナ（図示せず）から送られた信号を4本の受信アンテナ801-1～801-4を備えた受信装置800で受信するものとし、各送信アンテナからは16値の信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかが送信されているものとする。

## 【0003】

受信装置800は4本の受信アンテナ801-1～801-4を備え、各受信アンテナ801-1～801-4はそれぞれ信号を受信する。チャネル係数推定装置802は受信信号を入力として送受信アンテナ間のチャネル係数を推定し、チャネル行列を出力する。最尤系列推定装置803は受信信号とチャネル行列とを入力として送信系列の推定を行う。

## 【0004】

上記の例のように、3本の送信アンテナから16値の信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかが送られている場合、最尤系列推定装置803は4096個の誤差計算装置804-1～804-4096と、1つの信号選択装置805とから構成される。

## 【0005】

誤差計算装置804-1～804-4096各々は図33に示す誤差計算装置804の構成をとっている。第1段の誤差計算装置804-1において、送信シンボル生成装置811は各アンテナに対する送信シンボル $s_{1-1}$ 、 $s_{1-2}$ 、 $s_{1-3}$ を生成して出力する。受信信号レプリカ生成装置812は送信シンボルとチャネル係数とを入力として受信信号レプリカを生成して出力する。誤差計算装置813は受信信号と受信信号レプリカとを入力として誤差計算を行う。但し、送信シンボル生成装置811で生成される送信シンボルは信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかであり、誤差計算装置804-1～804-4096各々で互いに異なる送信シンボルが生成される。

## 【0006】

受信信号レプリカ生成装置812では、

$$r_{1-1} = h_{11}s_{1-1} + h_{12}s_{1-2} + h_{13}s_{1-3}$$

$$r_{1-2} = h_{21}s_{1-1} + h_{22}s_{1-2} + h_{23}s_{1-3}$$

$$r_{1-3} = h_{31}s_{1-1} + h_{32}s_{1-2} + h_{33}s_{1-3}$$

$$r_{1-4} = h_{41}s_{1-1} + h_{42}s_{1-2} + h_{43}s_{1-3}$$

として、4つの受信信号レプリカ $r_{1-1}$ 、 $r_{1-2}$ 、 $r_{1-3}$ 、 $r_{1-4}$ を生成する。ここで、 $h_{11}$ 、 $h_{12}$ 、 $h_{13}$ 、 $h_{21}$ 、 $h_{22}$ 、 $h_{23}$ 、 $h_{31}$ 、 $h_{32}$ 、 $h_{33}$ 、 $h_{41}$ 、 $h_{42}$ 、 $h_{43}$ は送信アンテナと受信アンテナとの間のチャネル係数である。

## 【0007】

誤差計算装置804では受信信号と受信信号レプリカとを入力として誤差信号 $e_1$ を、

$$e_1 = |r_1 - r_{1-1}|^2 + |r_2 - r_{1-2}|^2 \\ + |r_3 - r_{1-3}|^2 + |r_4 - r_{1-4}|^2$$

という式から計算する。

## 【0008】

第1段の誤差計算装置804-1は生成した送信シンボル $s_{1-1}$ 、 $s_{1-2}$ 、 $s_{1-3}$ と計算した誤差信号 $e_1$ とを出力する。同様に、第2段の誤差計算装置804-2は送信シンボル $s_{2-1}$ 、 $s_{2-2}$ 、 $s_{2-3}$ 及び誤差信号 $e_2$ を、第4096段の誤差計算装置804-4096は送信シンボル $s_{4096-1}$ 、 $s_{4096-2}$ 、 $s_{4096-3}$ 及び誤差信号 $e_{4096}$ をそれぞれ出力する。

#### 【0009】

信号選択装置805は4096個の誤差計算装置群804-1~804-4096から出力された送信シンボル及び誤差信号を入力として最小誤差を選択し、当該誤差を与える送信シンボルを出力する。これによって、送信信号の復調が行われる。

#### 【0010】

【特許文献1】特開2003-178048号公報

【特許文献2】特開平9-219616号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0011】

上述した従来の送信系列推定装置では、信号選択装置405に4096個の信号が入力され、3つの信号を復調するために4096個の信号を生成して比較する必要がある、非常に多くの演算を必要とすることとなる。

#### 【0012】

これは送信された可能性のある全ての候補から生成した擬似受信信号と実際に受信した信号とを比較しているためであり、一般的に、D値の信号が各送信アンテナから送信されている場合には、D値の信号を復調するために $D^M$ 個の信号生成及び比較が必要となる。したがって、指数的に組合せ数が増大し、非常に複雑な構成となる。尚、上記の特許文献1、2はQR分解を行う技術例として挙げたにすぎず、これらの技術にて上記の課題を解決することはできない。

#### 【0013】

そこで、本発明の目的は上記の問題点を解消し、非常に簡易な構成で信号を復調することができる無線通信システム、受信装置及びそれらに用いる復調方法並びにそのプログラムを提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0014】

本発明による無線通信システムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行う手段とを前記受信装置に備えている。

#### 【0015】

本発明による他の無線通信システムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力する手段とを前記受信装置に備えている。

#### 【0016】

本発明による別の無線通信システムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信

号のビットに対する尤度を出力する手段とを前記受信装置に備えている。

【0017】

本発明による受信装置は、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行う手段とを備えている。

【0018】

本発明による他の受信装置は、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力する手段とを備えている。

【0019】

本発明による別の受信装置は、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する無線通信システムであって、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う手段と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号のビットに対する尤度を出力する手段とを備えている。

【0020】

本発明による復調方法は、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法であって、前記受信装置側に、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行うステップと、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行うステップとを備えている。

【0021】

本発明による他の復調方法は、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法であって、前記受信装置側に、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行うステップと、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力するステップとを備えている。

【0022】

本発明による別の復調方法は、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法であって、前記受信装置側に、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行うステップと、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号のビットに対する尤度を出力するステップとを備えている。

【0023】

本発明による復調方法のプログラムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法のプログラムであって、コンピュータに、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリリングを行う処理と、そのヌリリングした信号を基に前記送信信号の復調を行う処理とを実行させている。

## 【0024】

本発明による他の復調方法のプログラムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法のプログラムであって、コンピュータに、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリングを行う処理と、そのヌリングした信号を基に前記送信信号に対する尤度を計算して出力する処理とを実行させている。

## 【0025】

本発明による別の復調方法のプログラムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを備える受信装置において、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを備える送信装置からの送信信号を受信して復調する復調方法のプログラムであって、コンピュータに、前記受信アンテナと前記送信アンテナとの間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信した信号に対して当該信号の直交化を示すヌリングを行う処理と、そのヌリングした信号を基に前記送信信号のビットに対する尤度を出力する処理とを実行させている。

## 【0026】

すなわち、本発明の第1の無線通信システムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを持ち、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを持つ送信装置から送信された信号を受信し、送受信アンテナ間のチャネル係数を要素とするチャネル行列のQR分解を用いて信号の復調を行う受信装置を備えている。

## 【0027】

本発明の第2の無線通信システムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを持ち、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを持つ送信装置から送信された信号を受信し、送受信アンテナ間のチャネル係数を要素とするチャネル行列のQR分解を用いて送信装置から送信された信号に対する尤度を計算して出力する受信装置を備えている。

## 【0028】

本発明の第3の無線通信システムは、N本（Nは2以上の整数）の受信アンテナを持ち、M本（Mは2以上の整数）の送信アンテナを持つ送信装置から送信された信号を受信し、送受信アンテナ間のチャネル係数を要素とするチャネル行列のQR分解を用いて送信装置から送信されたビットに対する尤度を出力する受信装置を備えている。

## 【0029】

本発明の第4の無線通信システムは、受信信号を入力として各送受信アンテナ間のチャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、チャネル係数からなるチャネル行列を入力としてチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列を入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、変換信号とR行列とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とからなる受信装置を備えている。

## 【0030】

本発明の第5の無線通信システムは、受信信号を用いて各送受信アンテナ間のチャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、チャネル係数からなるチャネル行列を入力としてチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列とを入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力 $Q^H$ 演算装置と、受信信号を入力として変換信号に対するシンボル候補を選択してシンボル候補を出力する送信シンボル候補選択装置と、変換信号とシンボル候補とR行列とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とからなる受信装置を備えている。

## 【0031】

本発明の第6の無線通信システムは、受信信号を入力として各送受信アンテナ間のチャ

ネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、受信信号を入力としてM本（Mは2以上の整数）の送信アンテナから送信された系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と優先順位決定装置で決定された優先順位とを入力としてチャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、変形チャネル行列を入力として変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列とを入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、変換信号とR行列とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうち少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、系列推定装置から出力と優先順位とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度の復元を行って出力する復元装置とからなる受信装置を備えている。

#### 【0032】

本発明の第7の無線通信システムは、受信信号を入力として各送受信アンテナ間のチャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、チャネル係数から構成されるチャネル行列を入力としてQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列とを入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、受信信号を入力としてL個（Lは1以上、M以下の整数）（Mは2以上の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、変換信号とR行列と送信系列候補とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうち少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とからなる受信装置を備えている。

#### 【0033】

本発明の第8の無線通信システムは、受信信号を入力として各送受信アンテナ間のチャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、受信信号を入力としてM本（Mは2以上の整数）の送信アンテナから送信された系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と優先順位決定装置で決定された優先順位とを入力としてチャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、変形チャネル行列を入力として変形チャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列を入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、受信信号を入力として復調系列に対するシンボル候補を選択して送信シンボル候補を出力する送信シンボル候補選択装置と、変換信号とR行列と送信シンボル候補とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうち少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、送信系列推定装置からの出力と優先順位とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度の復元を行って出力する復元装置とからなる受信装置を備えている。

#### 【0034】

本発明の第9の無線通信システムは、受信信号を入力として各送受信アンテナ間のチャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、受信信号を入力としてM本（Mは2以上の整数）の送信アンテナから送信された系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と優先順位決定装置で決定された優先順位とを入力としてチャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、変形チャネル行列を入力としてQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列とを入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、受信信号を入力としてL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、変換信号とR行列



と送信系列候補とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、系列推定装置から出力と優先順位とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度の復元を行って出力する復元装置とからなる受信装置を備えている。

#### 【0035】

本発明の第10の無線通信システムは、受信信号を入力として各送受信アンテナ間のチャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、チャネル係数から構成されるチャネル行列を入力としてQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列とを入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、受信信号を入力としてL個（Lは1以上、M以下の整数）（Mは2以上の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、受信信号を入力として（M-L）個の復調信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、変換信号とR行列と送信系列候補とシンボル候補とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置とからなる受信装置を備えている。

#### 【0036】

本発明の第11の無線通信システムは、受信信号を入力として各送受信アンテナ間のチャネル係数の推定を行って出力するチャネル係数推定装置と、受信信号を入力としてM本（Mは2以上の整数）の送信アンテナから送信された系列間の優先順位を決定する優先順位決定装置と、チャネル係数推定装置で推定されたチャネル係数と優先順位決定装置で決定された優先順位とを入力としてチャネル係数の並び替えを行って変形チャネル行列を出力する並び替え装置と、変形チャネル行列を入力としてQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力するQR分解装置と、受信信号とQ行列を入力として受信信号を要素とする受信信号ベクトルにQ行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号として出力する $Q^H$ 演算装置と、受信信号を入力としてL個（Lは1以上、M以下の整数）の変換信号に対する候補系列を決定して送信系列候補として出力する送信系列候補選択装置と、受信信号を入力として（M-L）個の変換信号に対するシンボル候補を選択して出力する送信シンボル候補選択装置と、変換信号とR行列とシンボル候補と送信系列候補とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度のうちの少なくとも一つを出力する送信系列推定装置と、送信系列推定装置からの出力と優先順位とを入力として送信系列、送信系列に対する尤度、あるいは送信系列によって送信されたビットに対する尤度の復元を行って出力する復元装置とからなる受信装置を備えている。

#### 【0037】

本発明の第12の無線通信システムは、P段（Pは1以上の整数）の尤度計算装置群と信号選択装置群とを持つ送信系列推定装置を備え、

第p段（pは1以上、P以下の整数）の尤度計算装置群は $K_p$ 個（ $K_p$ は1以上の整数）の尤度計算装置から構成され、

各尤度計算装置は、変換信号とR行列と第（p-1）段の信号選択装置から出力される $L_{p-1}$ 個（ $L_{p-1}$ は1以上の整数）の誤差信号と送信シンボル候補とを入力として第p段での尤度計算及び送信シンボル候補を生成して出力し、

第p段の信号選択装置は、第p段の尤度計算装置群から出力された $K_p$ 個の尤度と送信シンボル候補を入力として $L_p$ 個（ $L_p$ は1以上の整数）の最大尤度と当該尤度を与える $L_p$ 個の送信シンボル候補とを出力している。

#### 【0038】

本発明の第13の無線通信システムは、P段（Pは1以上の整数）の尤度計算装置群と信号選択装置群とを持つ送信系列推定装置を備え、

第p段（pは1以上、P以下の整数）の尤度計算装置群は、 $K_p$ 個（ $K_p$ は1以上の整数）の尤度計算装置から構成され、

各尤度計算装置は、変換信号とR行列と第 $(p-1)$ 段の信号選択装置から出力される $K_{p-1}$ 個( $K_{p-1}$ は1以上の整数)の誤差信号と送信シンボル候補とを入力として第 $p$ 段での尤度計算及び送信シンボル候補を生成して出力し、

第 $p$ 段の信号選択装置は、第 $p$ 段の尤度計算装置群から出力された $K_p$ 個の尤度と送信シンボル候補とを入力として $K_{p+1}$ 個の最大尤度と当該尤度を与える $K_{p+1}$ 個の送信シンボル候補とを出力している。

【0039】

本発明の第14の無線通信システムは、M段(Mは2以上の整数)の尤度計算装置群と、M段の信号選択装置群とからなる送信系列推定装置を備えている。

【0040】

本発明の第15の無線通信システムは、N段(Nは2以上の整数)の尤度計算装置群とM段の信号選択装置群とからなる送信系列推定装置を備えている。

【0041】

本発明の第16の無線通信システムは、複数段の信号選択装置からなる送信系列推定装置を備え、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択して出力している。

【0042】

本発明の第17の無線通信システムは、複数段の信号選択装置からなる送信系列推定装置を備え、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列の尤度を出力している。

【0043】

本発明の第18の無線通信システムは、複数段の信号選択装置からなる送信系列推定装置を備え、最終段の信号選択装置にて最も確からしい送信系列を選択し、当該系列で送信されたビット系列の尤度を出力している。

【0044】

本発明の第19の無線通信システムは、R行列成分を用いて変換信号レプリカを生成し、変換信号レプリカと受信信号を用いて測定される物理量を用いて尤度計算を行う尤度計算装置からなる送信系列推定装置を備えている。

【0045】

本発明の第20の無線通信システムは、受信信号と変換信号レプリカとの自乗ユークリッド距離を用いて尤度計算を行う尤度計算装置からなる送信系列推定装置を備えている。

【0046】

本発明の第21の無線通信システムは、受信信号と変換信号レプリカとのユークリッド距離を用いて尤度計算を行う尤度計算装置からなる送信系列推定装置を備えている。

【0047】

本発明の第25の無線通信システムは、線形フィルタを用いる送信シンボル候補選択装置を備えている。

【0048】

本発明の第26の無線通信システムは、最尤系列推定を用いる送信シンボル候補選択装置を備えている。

【0049】

本発明の第27の無線通信システムは、各送信系列の受信電力を用いる優先順位決定装置を備えている。

【0050】

本発明の第28の無線通信システムは、各送信系列の受信電力対雑音電力比を用いる優先順位決定装置を備えている。

【0051】

本発明の第29の無線通信システムは、各送信系列の受信電力対雑音電力及び干渉電力比を用いる優先順位決定装置を備えている。

【0052】

本発明の第30の無線通信システムは、線形フィルタを用いる送信系列候補選択装置を



備えている。

【0053】

本発明の第31の無線通信システムは、最尤系列推定を用いる送信系列候補選択装置を備えている。

【0054】

これによって、本発明の無線通信システムでは、チャネル行列をQR分解して用い、確からしい複数の系列から生成した擬似受信信号と実際に受信した受信信号とを用いて送信系列の推定を行うことによって、適当な数の系列を用いることで、従来技術を用いた場合と比較して非常に簡易な構成で信号の復調が可能となる。

【発明の効果】

【0055】

本発明は、以下に述べるような構成及び動作とすることで、非常に簡易な構成で信号を復調することができるという効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0056】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の実施の形態による無線通信システムの構成を示すブロック図である。図1において、本発明の実施の形態による無線通信システムにおいては、受信装置1と送信装置2とが無線通信にて接続可能となっている。

【0057】

受信装置1はN本（Nは2以上の整数）の受信アンテナ11-1～11-Nを備え、マルチプレクサ装置10と、送信系列推定装置15と、記録媒体16とから構成されている。また、送信装置2はM本（Mは2以上の整数）の送信アンテナ21-1～21-Mを備えている。

【0058】

図2は図1の受信装置1による復調処理を示すフローチャートである。これら図1及び図2を参照して本発明の実施の形態による受信装置1による復調処理について説明する。尚、図2に示す処理は受信装置1が記録媒体16に格納されたプログラム（コンピュータで実行可能なプログラム）を実行することで実現される。

【0059】

受信装置1は送信装置2の送信アンテナ21-1～21-Mからの送信信号を受信アンテナ11-1～11-Nで受信すると（図2ステップS1）、マルチプレクサ装置10にて送受信アンテナ間のチャネル係数を要素とするチャネル行列を用いて受信信号をマルチプレクサする（図2ステップS2）。

【0060】

受信装置1はマルチプレクサ装置10にてマルチプレクサした受信信号に対して、送信系列推定装置15にて第M番目の送信系列から第1番目の送信系列へと降順に復調処理を行う（図2ステップS3）。受信装置1は上記の処理を処理終了まで（図2ステップS4）、繰り返す行う。

【0061】

続いて、マルチプレクサ装置10によるマルチプレクサ処理について説明する。受信装置1でN本の受信アンテナ11-1～11-N各々で送信装置2からの信号を受信する時、各受信アンテナ11-1～11-Nで受信される信号を要素とする受信信号ベクトル $r$ は、

$$r = (r_1, \dots, r_N)$$

と表すことができる。但し、 $r_1$ は1番目の受信アンテナ11-1で受信される受信信号を、 $r_N$ はN番目の受信アンテナ11-Nで受信される受信信号をそれぞれ表している。

【0062】

いま、送信アンテナ21-jと受信アンテナ11-iとの間のチャネル係数を $h_{ij}$ とし、チャネル係数 $h_{ij}$ を要素に持つチャネル行列を $H$ とすると、受信信号ベクトル $r$ は、

## 【数 1】

$$r = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1M} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N1} & h_{N2} & \cdots & h_{NM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_N \end{bmatrix} = Hs + n$$

と記述することができる。ここで、 $s$  は各送信アンテナ 21-1 ~ 21-M から送信される信号を要素に持つ送信信号ベクトルを、 $n$  は各受信アンテナ 11-1 ~ 11-N で付加されるガウス雑音を要素に持つガウス雑音ベクトルをそれぞれ表している。

## 【0063】

ヌリング装置 10 はヌリング行列  $A$  を用いてヌリング信号  $z$  を生成する。これは、

$$z = Ar = AHs + An$$

と表すことができる。ここで、ヌリングとは受信信号の直交化を表し、 $M$  個の直交軸として  $s_M, s_M + s_{M-1}, s_M + s_{M-1} + s_{M-2}, \dots, s_M + s_{M-1} + \dots + s_1$  を選ぶと、ヌリング信号  $z$  は、

## 【数 2】

$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_M \end{bmatrix} = Rs + n' = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1M} \\ 0 & r_{22} & \cdots & r_{2M} \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & r_{MM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n'_1 \\ n'_2 \\ \vdots \\ n'_M \end{bmatrix}$$

と記述することができる。

## 【0064】

送信系列推定装置 15 は  $s_M$  から  $s_1$  へと降順にシンボル候補を準備して送信信号ベクトル  $s_1, s_2, \dots, s_M$  を推定して出力する。これによって、 $M$  本の送信アンテナ 21-1 ~ 21-M を有する送信装置 2 から同時に送信された  $M$  個の信号を復調することができる。よって、本発明の実施の形態では、適当な数の系列を用いることで、従来技術を用いた場合と比較して非常に簡易な構成で信号の復調が可能となる。

## 【実施例 1】

## 【0065】

図 3 は本発明の第 1 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。まず、本発明の第 1 の実施例による無線通信システムは上記の図 1 に示す本発明の実施の形態による無線通信システムと同様の構成となっている。図 3 において、本発明の第 1 の実施例による受信装置 1 は  $M$  本 ( $M$  は 2 以上の整数) の送信アンテナ 21-1 ~ 21-M から送信された信号を  $N$  本 ( $N$  は 2 以上の整数) の受信アンテナ 11-1 ~ 11-N で受信している。

## 【0066】

受信装置 1 は  $N$  本の受信アンテナ 11-1 ~ 11-N と、チャネル係数推定装置 12 と、QR 分解装置 13 と、 $Q^H$  演算装置 14 と、送信系列推定装置 15 と、受信装置 1 の各部の処理を実現するためのプログラム (コンピュータで実行可能なプログラム) を格納する記録媒体 16 とから構成されている。ここで、チャネル係数推定装置 12 と、QR 分解装置 13 と、 $Q^H$  演算装置 14 とが上記のヌリング装置 10 に相当する。つまり、本実施例ではヌリング処理として QR 分解処理を行っている。

## 【0067】

受信アンテナ 11-1 は信号を受信し、チャネル係数推定装置 12 は受信信号を入力としてチャネル係数の推定を行い、QR 分解装置 13 はチャネル係数からなる行列を入力と

してチャネル行列のQR分解を行ってQ行列及びR行列を出力する。

【0068】

$Q^H$  演算装置14はQ行列と受信信号とを入力として受信信号にQ行列の複素共役転置行列を乗算して得られた変換系列を出力し、送信系列推定装置15は変換系列とR行列とを入力として送信系列の推定を行って出力する。

【0069】

送信系列推定装置15は、受信機全体の構成に応じて、送信信号系列に対する尤度、あるいは送信信号系列によって送信されたビットに対する尤度を出力することが可能となっている。尚、各受信アンテナ11-1～11-Nで受信される信号を要素とする受信信号ベクトル $r$ は、上述した通りである。

【0070】

QR分解装置13から出力されるQ行列はN行M列のユニタリ行列であり、 $Q^H Q = I$ を満たす。ここで、 $H$ は共役複素転置を表し、 $I$ は単位行列を表す。また、R行列はM行M列の上三角行列となる。

【0071】

$Q^H$  演算装置14における演算は、

【数3】

$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_M \end{bmatrix} = Q^H r = Q^H (Hs + n) = Q^H (QRs + n) = Rs + Q^H n = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{21} & \cdots & r_{1M} \\ 0 & r_{22} & \cdots & r_{2M} \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & r_{NM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n'_1 \\ n'_2 \\ \vdots \\ n'_M \end{bmatrix}$$

と記述することができる。

【0072】

送信系列推定装置15は変換信号ベクトル $z$ とR行列とを入力として送信系列の推定を行い、最も尤度の大きい送信信号系列 $s'_1, \dots, s'_M$ を出力する。これによって、M本の送信アンテナ21-1～21-Mを有する送信装置2から同時に送信されたM個の信号を復調することができる。

【0073】

このように、本実施例では、チャネル行列をQR分解して用い、確からしい複数の系列から生成した擬似受信信号と実際に受信した受信信号とを用いて送信系列の推定を行うことによって、適当な数の系列を用いることで、従来技術を用いた場合と比較して非常に簡易な構成で信号の復調を行うことができる。

【実施例2】

【0074】

図4は本発明の第2の実施例による受信装置の構成を示すブロック図であり、図5は図4の送信系列推定装置の構成を示すブロック図であり、図6は図5の第3段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図であり、図7は図5の第2段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図であり、図8は図5の第1段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。本発明の第2の実施例による無線通信システムの構成は受信装置1の代わりに受信装置3を配置した以外は、上記の図1に示す本発明の実施の形態による無線通信システムと同様の構成となっている。

【0075】

図4において、本発明の第2の実施例による受信装置3は、3本の送信アンテナ21-1～21-3を持つ送信装置2から送信された信号を4本の受信アンテナ31-1～31-4で受信している。この場合、各送信アンテナ21-1～21-3からは16値の信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかが送信されているものとする。

【0076】

受信装置 3 は 4 本の受信アンテナ 31-1 ~ 31-4 と、チャネル係数推定装置 32 と、QR 分解装置 33 と、 $Q^H$  演算装置 34 と、送信系列推定装置 4 と、受信装置 3 の各部の処理を実現するためのプログラム（コンピュータで実行可能なプログラム）を格納する記録媒体 35 とから構成されている。

#### 【0077】

各受信アンテナ 31-1 ~ 31-4 はそれぞれ信号を受信し、チャネル係数推定装置 32 は受信信号  $r_1 \sim r_4$  を入力として、チャネル係数を推定し、推定されたチャネル係数からなるチャネル行列  $H$  を出力する。QR 分解装置 33 はチャネル行列  $H$  を入力として、チャネル行列  $H$  の QR 分解を行い、 $Q$  行列及び  $R$  行列を出力する。

#### 【0078】

$Q^H$  演算装置 34 は  $Q$  行列と受信信号  $r_1 \sim r_4$  とを入力として、受信信号  $r_1 \sim r_4$  に  $Q$  行列の共役複素転置行列を乗算し、変換信号  $z$  を出力する。送信系列推定装置 4 は変換信号  $z$  と  $R$  行列とを入力として各送信アンテナ 21-1 ~ 21-3 から送信された信号を推定して出力する。

#### 【0079】

送信系列推定装置 4 は、図 5 に示すように、各々尤度計算装置 41-1 ~ 41-16, 43-1 ~ 43-16  $K_1$ , 45-1 ~ 45-16  $K_2$  からなる 3 段の尤度計算装置群と、3 段の信号選択装置 42, 44, 46 とから構成され、第 3 段、第 2 段、第 1 段の順に信号処理を行う。本実施例では、送信アンテナ 21-1 ~ 21-3 から送られる信号が 16 値である場合、第 3 段の尤度計算装置群は 16 個の尤度計算装置 41-1 ~ 41-16 で構成され、各尤度計算装置 41-1 ~ 41-16 は変換信号  $z_3$  及び  $R$  行列の成分  $r_{33}$  を入力として誤差信号  $e_{3-1} \sim e_{3-16}$  からなる誤差信号群及び送信シンボル候補  $s_{3-1-3} \sim s_{3-16-3}$  からなる送信シンボル候補群を出力する。

#### 【0080】

第 3 段の第 1 番の尤度計算装置 41-1 は、図 6 に示すように、送信シンボル候補生成装置 411 と、変換信号レプリカ生成装置 412 と、誤差計算装置 413 とから構成されている。尚、他の尤度計算装置 41-2 ~ 41-16 も上記の尤度計算装置 41-1 と同様の構成となっている。

#### 【0081】

この尤度計算装置 41-1 において、送信シンボル候補生成装置 411 は信号  $c_1 \sim c_{16}$  のいずれかのシンボルからなる送信シンボル候補  $s_{3-1-3}$  を生成して出力する。変換信号レプリカ生成装置 412 は  $R$  行列の成分  $r_{33}$  と送信シンボル候補  $s_{3-1-3}$  とを入力として変換信号レプリカ  $z_{3-1}$  を生成して出力する。

#### 【0082】

誤差計算装置 411 は変換信号  $z_3$  と変換信号レプリカ  $z_{3-1}$  とを入力として二つの信号の誤差を計算し、誤差信号  $e_{3-1}$  を出力する。この時、変換信号レプリカ  $z_{3-1}$  は、

$$z_{3-1} = r_{33} s_{3-1-3}$$

という式にて計算され、誤差信号  $e_{3-1}$  は、

$$e_{3-1} = |z_3 - z_{3-1}|^2$$

という式にて計算される。

#### 【0083】

第 1 番の尤度計算装置 41-1 は誤差信号  $e_{3-1}$  及び送信シンボル候補  $s_{3-1-3}$  を出力する。同様に、第 2 番の尤度計算装置 41-2 は誤差信号  $e_{3-2}$  及び送信シンボル候補  $s_{3-2-3}$  を、第 16 番の尤度計算装置 41-16 は誤差信号  $e_{3-16}$  及び送信シンボル候補  $s_{3-16-3}$  をそれぞれ出力する。

#### 【0084】

第 3 段の信号選択装置 42 は第 3 段の 16 個の尤度計算装置群 41-1 ~ 41-16 で計算された誤差信号群及び送信シンボル候補群を入力として最も誤差の小さい  $K_1$  個の誤差信号  $e'_{1-3} \sim e'_{K_1-3}$  と、当該誤差を与える  $K_1$  個の送信シンボル候補  $s'_{1-3} \sim s'_{K_1-3}$  とを出力する。出力される  $K_1$  個の送信シンボル候補は信号  $c_1 \sim c_{16}$

16のいずれかとなる。

#### 【0085】

第2段の尤度計算装置群は16K1個の尤度計算装置43-1～43-16K1で構成され、第1～第16番の尤度計算装置43-1～43-16は変換信号 $z_2$ と、R行列の成分 $r_{22}$ 、 $r_{23}$ と、誤差信号 $e''',_1$ 及び送信シンボル候補 $s''',_{1-3}$ とを入力とする。第17番～第32番の尤度計算装置43-17～43-32は変換信号 $z_2$ と、R行列の成分 $r_{22}$ 、 $r_{23}$ と、誤差信号 $e''',_2$ 及び送信シンボル候補 $s''',_{2-3}$ とを入力とする。第16(K1-1)+1～第16K1番の尤度計算装置43-16(K1-1)+1～43-16K1は変換信号 $z_2$ と、R行列の成分 $r_{22}$ 、 $r_{23}$ と、誤差信号 $e''',_{K1}$ 及び送信シンボル候補 $s''',_{K1-3}$ とを入力とする。

#### 【0086】

第2段の第1番の尤度計算装置43-1は、図7に示すように、送信シンボル候補生成装置431と、変換信号レプリカ生成装置432と、誤差計算装置433とから構成されている。尚、他の尤度計算装置43-2～43-16K1も上記の尤度計算装置43-1と同様の構成となっている。

#### 【0087】

第1番の尤度計算装置43-1において、送信シンボル候補生成装置431は送信シンボル候補 $s''',_1$ を入力として信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかのシンボルからなる送信シンボル候補 $s_{2-1-3}$ 、 $s_{2-1-2}$ を出力する。変換信号レプリカ生成装置432はR行列の成分 $r_{22}$ 、 $r_{23}$ と送信シンボル候補 $s_{2-1-3}$ 、 $s_{2-1-2}$ を入力として変換信号レプリカ $z_{2-1}$ を出力する。

#### 【0088】

誤差計算装置433は変換信号 $z_2$ と、変換信号レプリカ $z_{2-1}$ と、誤差信号 $e''',_1$ とを入力として誤差信号 $e_{2-1}$ を出力する。この時、変換信号レプリカ $z_{2-1}$ は、

$$z_{2-1} = r_{22} s_{2-1-2} + r_{23} s_{2-1-3}$$

という式で計算され、誤差信号 $e_{2-1}$ は、

$$e_{2-1} = |z_2 - z_{2-1}|^2 + e''',_1$$

という式で計算される。

#### 【0089】

第1番の尤度計算装置43-1は誤差信号 $e_{2-1}$ 及び送信シンボル候補 $s_{2-1-3}$ 、 $s_{2-1-2}$ を出力する。同様に、第2番の尤度計算装置43-2は誤差信号 $e_{2-2}$ 及び送信シンボル候補 $s_{2-2-3}$ 、 $s_{2-2-2}$ を出力する。

#### 【0090】

第17番の尤度計算装置43-17において、送信シンボル候補生成装置431は送信シンボル候補 $s''',_{2-3}$ を入力として信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかのシンボルからなる送信シンボル候補 $s_{2-17-3}$ 、 $s_{2-17-2}$ を出力する。変換信号レプリカ生成装置432はR行列の成分 $r_{22}$ 、 $r_{23}$ と送信シンボル候補 $s_{2-17-3}$ 、 $s_{2-17-2}$ とを入力として変換信号レプリカ $z_{2-17}$ を出力する。

#### 【0091】

誤差計算装置433は変換信号 $z_2$ と、変換信号レプリカ $z_{2-17}$ と、誤差信号 $e''',_2$ とを入力として誤差信号 $e_{2-17}$ を出力する。この時、変換信号レプリカ $z_{2-17}$ は、

$$z_{2-17} = r_{22} s_{2-17-2} + r_{23} s_{2-17-3}$$

という式で計算され、誤差信号 $e_{2-17}$ は、

$$e_{2-17} = |z_2 - z_{2-17}|^2 + e''',_{17}$$

という式で計算される。

#### 【0092】

第16K1番の尤度計算装置43-16K1は誤差信号 $e_{2-16K1}$ 及び送信シンボル候補 $s_{2-16K1-3}$ 、 $s_{2-16K1-2}$ を出力する。第2段の信号選択装置44は第2段の16K1個の尤度計算装置43-1～43-16K1で計算された誤差信号及び送信シンボル候補を入力として最も誤差の小さいK2個の誤差信号 $e''',_1 \sim e''',_{K2}$ と、当該誤差を与えるK

2 個の送信シンボル候補セット ( $s'_{1-3}$ 、 $s'_{1-2}$ ) ~ ( $s'_{K2-3}$ 、 $s'_{K2-2}$ ) とを出力する。

#### 【0093】

第 1 段の尤度計算装置群は 16 K 2 個の尤度計算装置 45-1 ~ 45-16 K 2 で構成され、第 1 ~ 第 16 番の尤度計算装置 45-1 ~ 45-16 は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ 、 $r_{12}$ 、 $r_{13}$  と、誤差信号  $e'_{1-1}$  及び送信シンボル候補セット ( $s'_{1-3}$ 、 $s'_{1-2}$ ) を入力とする。

#### 【0094】

第 17 ~ 第 32 番の尤度計算装置 45-17 ~ 45-32 は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ 、 $r_{12}$ 、 $r_{13}$  と、誤差信号  $e'_{2-2}$  と、送信シンボル候補セット ( $s'_{2-3}$ 、 $s'_{2-2}$ ) を入力とする。

#### 【0095】

第 16 (K2-1) + 1 ~ 第 16 K 2 番の尤度計算装置 45-16 (K2-1) + 1 ~ 45-16 K 2 は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ 、 $r_{12}$ 、 $r_{13}$  と、誤差信号  $e'_{K2}$  と、送信シンボル候補セット ( $s'_{K2-3}$ 、 $s'_{K2-2}$ ) を入力とする。

#### 【0096】

第 1 段の第 1 番の尤度計算装置 45-1 は、図 8 に示すように、送信シンボル候補生成装置 451 と、変換信号レプリカ生成装置 452 と、誤差計算装置 453 とから構成されている。尚、他の尤度計算装置 45-2 ~ 45-16 K 1 も上記の尤度計算装置 45-1 と同様の構成となっている。

#### 【0097】

第 1 番の尤度計算装置 45-1 において、送信シンボル候補生成装置 451 は送信シンボル候補セット ( $s'_{1-3}$ 、 $s'_{1-2}$ ) を入力として 16 値の信号  $c_1 \sim c_{16}$  のいずれかからなる送信シンボル候補  $s_{1-1-3}$ 、 $s_{1-1-2}$ 、 $s_{1-1-1}$  を出力する。変換信号レプリカ生成装置 452 は R 行列の成分  $r_{11}$ 、 $r_{12}$ 、 $r_{13}$  と、送信シンボル候補  $s_{1-1-3}$ 、 $s_{1-1-2}$ 、 $s_{1-1-1}$  を入力として変換信号レプリカ  $z_{1-1}$  を出力する。

#### 【0098】

誤差計算装置 453 は変換信号  $z_1$  と、変換信号レプリカ  $z_{1-1}$  と、誤差信号  $e'_{1-1}$  とを入力として誤差信号  $e_{1-1}$  を出力する。この時、変換信号レプリカ  $z_{1-1}$  は、

$$z_{1-1} = r_{11} s_{1-1-1} + r_{12} s_{1-1-2} + r_{13} s_{1-1-3}$$

という式から計算され、誤差信号  $e_{1-1}$  は、

$$e_{1-1} = |z_1 - z_{1-1}|^2 + e'_{1-1}$$

という式から計算される。

#### 【0099】

第 1 番の尤度計算装置 45-1 は誤差信号  $e_{1-1}$  及び送信シンボル候補  $s_{1-1-3}$ 、 $s_{1-1-2}$ 、 $s_{1-1-1}$  を出力する。同様に、第 2 番の尤度計算装置 45-2 は誤差信号  $e_{1-2}$  及び送信シンボル候補  $s_{1-2-3}$ 、 $s_{1-2-2}$ 、 $s_{1-2-1}$  を出力する。第 16 K 2 番の尤度計算装置 45-16 K 2 は誤差信号  $e_{1-16K2}$  と、送信シンボル候補  $s_{1-16K2-3}$ 、 $s_{1-16K2-2}$ 、 $s_{1-16K2-1}$  とを出力する。

#### 【0100】

最終段 (第 16 K 2 段) の信号選択装置 46 は第 1 段の 16 K 2 個の尤度計算装置 45-1 ~ 45-16 K 2 で計算された誤差信号と送信シンボル候補とを入力として最も小さい誤差信号  $e'_{1-1}$  を与える送信シンボル候補  $s'_{1-1}$ 、 $s'_{2-1}$ 、 $s'_{3-1}$  を出力する。

#### 【0101】

このように、本実施例では、各段の信号選択装置に入力される送信シンボル候補が第 3 段の尤度計算装置群 41-1 ~ 41-16 の 16 個、第 2 段の尤度計算装置群 43-1 ~ 43-16 K 1 の 16 K 1 個、第 1 段の尤度計算装置群 45-1 ~ 45-16 K 2 の 16 K 2 個であり、合計で 16 (1 + K 1 + K 2) 個となる。

#### 【0102】

したがって、本実施例では、例えば、K 1 を「16」とし、K 2 を「32」とすること

で、送信シンボル候補の総数は「784」となる。よって、本実施例では、従来技術を用いた場合に、送信シンボル候補が「4096」であることと比較してその演算処理数を大きく削減することができる。

#### 【0103】

図9は本発明の第2の実施例による受信装置3の復調処理を示すフローチャートである。これら図4～図9を参照して本発明の第2の実施例による受信装置3の復調処理について説明する。尚、図9に示す処理は受信装置3の演算装置(CPU:中央処理装置)が記録媒体35のプログラムを実行することで実現される。また、上記の説明では送信装置2が3本の送信アンテナ21-1～21-3を持つ場合について述べたが、以下の動作では送信装置2がM本の送信アンテナを持つ場合について述べる。

#### 【0104】

受信装置3ではQR分解装置33にて受信信号ベクトル $r$ をQR分解し、それを基に $Q^H$ 演算装置34にて変換信号 $z$ を算出する(図9ステップS11)。送信系列推定装置4はパラメータ $m$ をMに、 $K_{m+1}$ を1に設定し(図9ステップS12)、送信信号 $s_m$ に対するシンボル候補を $Q_m$ 個生成し(図9ステップS13)、パラメータ $q$ を1に設定する(図9ステップS14)。

#### 【0105】

送信系列推定装置4は送信信号 $s_{m+1} \sim s_M$ に対する $k$ 番目のシンボル候補と、送信信号 $s_m$ に対する $q$ 番目のシンボル候補とを用いてレプリカ $z_m$ に対する $(kQ_m + q)$ 番目のレプリカ $z_{m, kQ_m + q}$ を計算する(図9ステップS15)。さらに、送信系列推定装置4はレプリカ $z_m$ とレプリカ $z_{m, kQ_m + q}$ との誤差を計算し、当該送信信号 $s_{m+1} \sim s_M$ に対する誤差 $z_{m+1} \sim z_M$ を加算する(図9ステップS16)。

#### 【0106】

送信系列推定装置4は「 $q++=Q_m$ 」でなく(図9ステップS17)、「 $k++=K_{m+1}$ 」でなく(図9ステップS18)、「 $m--=1$ 」でない場合(図9ステップS19)、送信信号 $s_m \sim s_M$ に対するシンボル候補 $K_m$ 個と、当該誤差を選択して保存する(図9ステップS20)。また、送信系列推定装置4は「 $m--=1$ 」である場合(図9ステップS19)、最小誤差を与える送信信号 $s_1 \sim s_M$ を出力する(図9ステップS21)。

#### 【実施例3】

#### 【0107】

図10は本発明の第3の実施例による受信装置の構成を示すブロック図であり、図11は図10の送信系列推定装置の構成を示すブロック図であり、図12は図11の第2段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図であり、図13は図11の第1段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。本発明の第3の実施例による無線通信システムの構成は受信装置1の代わりに受信装置5を配置した以外は、上記の図1に示す本発明の実施の形態による無線通信システムと同様の構成となっている。

#### 【0108】

図10において、本発明の第3の実施例による受信装置5は、2本の送信アンテナ21-1, 21-2を持つ送信装置2から送信された信号を3本の受信アンテナ51-1～51-3で受信している。この場合、各送信アンテナ51-1～51-3からは16値の信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかが送信されているものとする。

#### 【0109】

受信装置5は3本の受信アンテナ51-1～51-3と、チャネル係数推定装置52と、QR分解装置53と、 $Q^H$ 演算装置54と、送信シンボル候補選択装置55と、送信系列推定装置6と、受信装置5の各部の処理を実現するためのプログラム(コンピュータで実行可能なプログラム)を格納する記録媒体56とから構成されている。

#### 【0110】

各受信アンテナ51-1～51-3はそれぞれ信号を受信する。チャネル係数推定装置52は受信信号 $r_1 \sim r_3$ を入力としてチャネル係数を推定し、推定されたチャネル係数

からなるチャネル行列  $H$  を出力する。QR 分解装置 53 はチャネル行列  $H$  を入力として QR 分解を行い、Q 行列及び R 行列を出力する。

#### 【0111】

$Q^H$  演算装置 54 は Q 行列と受信信号  $r_1 \sim r_3$  とを入力として受信信号  $r_1 \sim r_3$  に Q 行列の共役複素転置行列を乗算し、変換信号  $z$  を出力する。送信シンボル候補選択装置 55 は受信信号  $r_1 \sim r_3$  を入力として変換信号  $z$  に対する送信シンボル候補を選択する。本実施例では、例えば MMSE (Minimum Mean Square Error) フィルタを用いて送信シンボル候補として 8 つの信号を選択するものとする。

#### 【0112】

送信シンボル候補選択装置 55 では受信信号  $r_1 \sim r_3$  を基に第 1 の送信アンテナ 21-1 から送信された信号に対する MMSE 基準のウェイトベクトルを用意し、受信信号  $r_1 \sim r_3$  に乗積することで、仮の復調信号  $y_1$  を得る。この仮の復調信号  $y_1$  は、

#### 【数 4】

$$y_1 = w^H r = \begin{pmatrix} w_{1-1} & w_{1-2} & w_{1-3} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{bmatrix} = w_{1-1} r_1 + w_{1-2} r_2 + w_{1-3} r_3$$

と表される。ここで、 $w$  は MMSE 基準で生成された重みベクトルである。

#### 【0113】

次に、得られた仮の復調信号  $y_1$  と、16 値の信号  $c_1 \sim c_{16}$  との自乗ユークリッド距離を計算すると、

$$\text{信号 } c_i \text{ との自乗ユークリッド距離} = |c_i - y_1|^2$$

となる。ここでは、得られた自乗ユークリッド距離をそれぞれ  $q_{1-1} \sim q_{1-16}$  とする。

#### 【0114】

送信シンボル候補選択装置 55 は計算された 16 個の自乗ユークリッド距離  $q_{1-1} \sim q_{1-16}$  の中で、最も小さい 8 つの自乗ユークリッド距離を選択し、当該誤差を与える 8 つのシンボルを第 1 の送信アンテナ 21-1 に対するシンボル候補として選択する。送信シンボル候補選択装置 55 は、上記と同様にして、第 2 の送信アンテナ 21-2 から送信された信号に対するシンボル候補を 8 つ選択する。

#### 【0115】

送信シンボル候補選択装置 55 は上記の手順で得られたシンボル候補を  $x_{1-1} \sim x_{1-8}$ 、 $x_{2-1} \sim x_{2-8}$  として出力する。ここで、シンボル候補  $x_{i-m}$  は  $i$  番目の送信アンテナ 21- $i$  から送信された信号に対する  $m$  番目の送信シンボル候補を表し、16 値の信号  $c_1 \sim c_{16}$  のいずれかである。

#### 【0116】

送信系列推定装置 6 は変換信号  $z$  と、R 行列と、送信シンボル候補選択装置 55 で選択されたシンボル候補とを入力として各送信アンテナ 21-1, 21-2 から送信された信号を推定して出力する。

#### 【0117】

送信系列推定装置 6 は、図 11 に示すように、各々尤度計算装置 61-1 ~ 61-8, 63-1 ~ 63-8 K1 からなる 2 段の尤度計算装置群と 2 段の信号選択装置 62, 64 とから構成され、第 2 段の尤度計算装置群、第 2 段の信号選択装置 62、第 1 段の尤度計算装置群、第 1 段の信号選択装置 64 の順に信号処理を行う。本実施例では、送信シンボル候補選択装置 55 で各送信アンテナ 21-1, 21-2 に対するシンボル候補として 8 個のシンボルを選択した場合、第 2 段の尤度計算装置群は 8 個の尤度計算装置 61-1 ~ 61-8 で構成されている。

#### 【0118】

第 1 番の尤度計算装置 61-1 は変換信号  $z_2$  と、R 行列の成分  $r_{22}$  と、シンボル候補



$x_{2-1}$  とを入力とし、第 2 番の尤度計算装置 61-2 は変換信号  $z_2$  と、R 行列の成分  $r_{22}$  と、シンボル候補  $x_{2-2}$  とを入力とし、第 8 番の尤度計算装置 61-8 は変換信号  $z_2$  と、R 行列の成分  $r_{22}$  と、シンボル候補  $x_{2-8}$  とを入力とする。

#### 【0119】

第 2 段の第 1 番の尤度計算装置 61-1 は、図 12 に示すように、送信シンボル候補生成装置 611 と、変換信号レプリカ生成装置 612 と、誤差計算装置 613 とから構成されている。尚、他の尤度計算装置 61-2 ~ 61-8 も上記の尤度計算装置 61-1 と同様の構成となっている。

#### 【0120】

この尤度計算装置 61-1 において、送信シンボル候補生成装置 611 はシンボル候補  $x_{2-1}$  を入力として送信シンボル候補  $s_{2-1-2}$  を出力し、変換信号レプリカ生成装置 612 は受信信号ベクトル  $r_{22}$  と送信シンボル候補  $s_{2-1-2}$  とを入力として変換信号レプリカ  $z_{2-1}$  を出力し、誤差計算装置 613 は変換信号  $z_2$  と、変換信号レプリカ  $z_{2-1}$  とを入力として誤差信号  $e_{2-1}$  を出力する。

#### 【0121】

この時、変換信号レプリカ  $z_{2-1}$  は、

$$z_{2-1} = r_{22} s_{2-1-2}$$

という式で計算され、誤差信号  $e_{2-1}$  は、

$$e_{2-1} = |z_2 - z_{2-1}|^2$$

という式で計算される。

#### 【0122】

第 1 番の尤度計算装置 61-1 は誤差信号  $e_{2-1}$  及び送信シンボル候補  $s_{2-1-2}$  を出力する。同様に、第 2 番の尤度計算装置 61-2 は誤差信号  $e_{2-2}$  及び送信シンボル候補  $s_{2-2-2}$  を、第 8 番の尤度計算装置 61-8 は誤差信号  $e_{2-8}$  及び送信シンボル候補  $s_{2-8-2}$  をそれぞれ出力する。

#### 【0123】

第 2 段の信号選択装置 62 は第 2 段の 8 個の尤度計算装置 61-1 ~ 61-8 で計算された誤差信号及び送信シンボル候補を入力として最も誤差の小さい  $K1$  個の誤差信号  $e'_{1-1} \sim e'_{K1-1}$  と、当該誤差を与える  $K1$  個の送信シンボル候補  $s'_{1-2} \sim s'_{K1-2}$  とを出力する。

#### 【0124】

第 1 段の尤度計算装置群は  $8K1$  個の尤度計算装置 63-1 ~ 63- $8K1$  で構成され、第 1 番 ~ 第 8 番の尤度計算装置 63-1 ~ 63-8 は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ 、 $r_{12}$  と、誤差信号  $e'_{1-1}$  と、送信シンボル候補  $s'_{1-2}$  とを入力とする。また、第 1 番の尤度計算装置 63-1 はシンボル候補  $x_{1-1}$  を、第 2 番の尤度計算装置 63-2 はシンボル候補  $x_{1-2}$  を、第 8 番の尤度計算装置 63-8 はシンボル候補  $x_{1-8}$  をそれぞれ入力とする。

#### 【0125】

第 9 ~ 第 16 番の尤度計算装置 63-9 ~ 63-16 は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ 、 $r_{12}$  と、誤差信号  $e'_{1-1}$  と、送信シンボル候補  $s'_{2-2}$  とを入力とし、さらに、第 9 番の尤度計算装置 63-9 はシンボル候補  $x_{1-1}$  を、第 10 番の尤度計算装置 63-10 はシンボル候補  $x_{1-2}$  を、第 16 番の尤度計算装置 63-16 はシンボル候補  $x_{1-8}$  をそれぞれ入力とする。

#### 【0126】

第 8 ( $K1-1$ ) + 1 ~ 第 8  $K1$  番の尤度計算装置 63-8 ( $K1-1$ ) + 1 ~ 63- $8K1$  は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ 、 $r_{12}$  と、誤差信号  $e'_{1-1}$  と、送信シンボル候補  $s'_{K1-2}$  とを入力とし、さらに、第 8 ( $K1-1$ ) + 1 番の尤度計算装置 63-8 ( $K1-1$ ) + 1 はシンボル候補  $x_{1-1}$  を、第 8 ( $K1-1$ ) + 2 番の尤度計算装置 63-8 ( $K1-1$ ) + 2 はシンボル候補  $x_{1-2}$  を、第 8  $K1$  番の尤度計算装置 63-8  $K1$  はシンボル候補  $x_{1-8}$  をそれぞれ入力とする。

## 【0127】

第1番の尤度計算装置63-1は、図13に示すように、送信シンボル候補生成装置631と、変換信号レプリカ生成装置632と、誤差計算装置633とから構成されている。尚、他の尤度計算装置63-2～63-8K1も上記の尤度計算装置63-1と同様の構成となっている。

## 【0128】

この尤度計算装置63-1において、送信シンボル候補生成装置631は送信シンボル候補 $s'_{1-1}$ とシンボル候補 $x_{1-1}$ とを入力として16値の信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかからなる送信シンボル候補 $s_{1-1-2}$ 、 $s_{1-1-1}$ を出力し、変換信号レプリカ生成装置632はR行列の成分 $r_{11}$ 、 $r_{12}$ と、送信シンボル候補 $s_{1-1-2}$ 、 $s_{1-1-1}$ とを入力として変換信号レプリカ $z_{1-1}$ を出力し、誤差計算装置633は変換信号 $z_1$ と、変換信号レプリカ $z_{1-1}$ と、誤差信号 $e'_{1-1}$ とを入力として誤差信号 $e_{1-1}$ を出力する。

## 【0129】

この時、変換信号レプリカ $z_{1-1}$ は、

$$z_{1-1} = r_{11} s_{1-1-1} + r_{12} s_{1-1-2}$$

という式で計算され、誤差信号 $e_{1-1}$ は、

$$e_{1-1} = |z_1 - z_{1-1}|^2 + e'^2_{1-1}$$

という式で計算される。

## 【0130】

第1番の尤度計算装置63-1は誤差信号 $e_{1-1}$ 及び送信シンボル候補 $s_{1-1-2}$ 、 $s_{1-1-1}$ を出力する。同様に、第2番の尤度計算装置63-2は誤差信号 $e_{1-2}$ 及び送信シンボル候補 $s_{1-2-2}$ 、 $s_{1-2-1}$ を、第8K1番の尤度計算装置63-8K1は誤差信号 $e_{1-8K1}$ と、送信シンボル候補 $s_{1-8K1-2}$ と、 $s_{1-8K1-1}$ とを出力する。第1段の信号選択装置64は第1段の8K1個の尤度計算装置63-1～63-8K1で計算された誤差信号及び送信シンボル候補を入力として最も小さい誤差を与える送信シンボル候補 $s'_1$ 、 $s'_2$ を出力する。

## 【0131】

このように、本実施例では、各段の信号選択装置に入力される送信シンボル候補が、第2段の尤度計算装置61-1～61-8から8個、第1段の尤度計算装置63-1～63-8K1から8K1個であり、合計で8(1+K1)個となる。

## 【0132】

したがって、本実施例では、例えばK1を「8」に設定することで、送信シンボル候補の総数は「72」となる。従来の技術を用いた場合には、送信シンボル候補が256個必要となることと比較し、演算処理数を大きく削減することができる。

## 【0133】

また、本実施例では、各送信アンテナ21-1、21-2から送信されるシンボルに対して8つを候補として選択しているが、これは一つの例であり、必ずしもアンテナ間で同数である必要はない。さらに、送信シンボル候補選択方法が各送信アンテナ21-1、21-2に対して必ずしも同一である必要はない。

## 【0134】

図14は本発明の第3の実施例による受信装置5の復調処理を示すフローチャートである。これら図10～図14を参照して本発明の第3の実施例による受信装置5の復調処理について説明する。尚、図14に示す処理は受信装置5の演算装置(CPU:中央処理装置)が記録媒体56のプログラムを実行することで実現される。また、上記の説明では送信装置2が2本の送信アンテナ21-1、21-2を持つ場合について述べたが、以下の動作では送信装置2がM本の送信アンテナを持つ場合について述べる。

## 【0135】

受信装置5ではQR分解装置53にて受信信号ベクトル $r$ をQR分解し、それを基にQR演算装置54にて変換信号 $z$ を算出する(図14ステップS31)。送信系列推定装置6は送信信号 $s_m$ に対するシンボル候補を $x_m$ 個生成し(図14ステップS32)、パラ

メータ  $m$  を  $M$  に、 $K_{M+1}$  を 1 に設定し (図 14 ステップ S 3 3)、パラメータ  $q$  を 1 に設定する (図 14 ステップ S 3 4)。

【0136】

送信系列推定装置 6 は送信信号  $s_{m+1} \sim s_M$  に対する  $k$  番目のシンボル候補と、送信信号  $s_m$  に対する  $q$  番目のシンボル候補とを用いてレプリカ  $z_m$  に対する  $(kQ_m + q)$  番目のレプリカ  $z_{m, kQ_m + q}$  を計算する (図 14 ステップ S 3 5)。さらに、送信系列推定装置 6 はレプリカ  $z_m$  とレプリカ  $z_{m, kQ_m + q}$  との誤差を計算し、当該送信信号  $s_{m+1} \sim s_M$  に対する誤差  $z_{m+1} \sim z_M$  を加算する (図 14 ステップ S 3 6)。

【0137】

送信系列推定装置 6 は「 $q++=Q_m$ 」でなく (図 14 ステップ S 3 7)、「 $k++=K_{m+1}$ 」でなく (図 14 ステップ S 3 8)、「 $m--=1$ 」でない場合 (図 14 ステップ S 3 9)、送信信号  $s_m \sim s_M$  に対するシンボル候補  $K_m$  個と、当該誤差を選択して保存する (図 14 ステップ S 4 0)。送信系列推定装置 6 は「 $m--=1$ 」である場合 (図 14 ステップ S 3 9)、最小誤差を与える送信信号  $s_1 \sim s_M$  を出力する (図 14 ステップ S 4 1)。

【実施例 4】

【0138】

図 15 は本発明の第 4 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。本発明の第 4 の実施例による無線通信システムの構成は受信装置 1 の代わりに受信装置 7 を配置した以外は、上記の図 1 に示す本発明の実施の形態による無線通信システムと同様の構成となっている。

【0139】

図 15 において、本発明の第 4 の実施例による受信装置 7 は 3 本の送信アンテナ 21-1 ~ 21-3 を持つ送信装置 2 から送信された信号を 4 本の受信アンテナ 71-1 ~ 71-4 で受信している。また、各送信アンテナ 21-1 ~ 21-3 からは 16 値の信号  $c_1 \sim c_{16}$  が送信されているものとする。

【0140】

受信装置 7 は 4 本の受信アンテナ 71-1 ~ 71-4 と、チャネル係数推定装置 72 と、優先順位決定装置 73 と、チャネル係数並び替え装置 74 と、QR 分解装置 75 と、 $Q^H$  演算装置 76 と、送信系列推定装置 77 と、復元装置 78 と、受信装置 5 の各部の処理を実現するためのプログラム (コンピュータで実行可能なプログラム) を格納する記録媒体 79 とから構成されている。

【0141】

各受信アンテナ 71-1 ~ 71-4 はそれぞれ信号を受信する。チャネル係数推定装置 72 は受信信号  $r_1 \sim r_4$  を入力としてチャネル係数を推定し、推定されたチャネル係数からなるチャネル行列  $H$  を出力する。優先順位決定装置 73 は受信信号  $r_1 \sim r_4$  を入力として送信アンテナ 21-1 ~ 21-3 間の優先順位を決定し、決定された優先順位を表す信号  $X_{pri}$  を出力する。

【0142】

優先順位決定装置 73 ではチャネル行列  $H$  の 3 つの列ベクトルのノルムを計算して各送信系列に対する電力とし、電力の大きい送信系列に高い優先順位を与える。チャネル係数並び替え装置 74 はチャネル行列  $H$  と信号  $X_{pri}$  とを入力としてチャネル行列  $H$  の列ベクトルを並び替え、変形チャネル行列  $H'$  を出力する。

【0143】

この時、チャネル係数並び替え装置 74 は優先順位の低い列から順に並べる。例えば、チャネル行列  $H$  が、

【数 5】

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \\ h_{41} & h_{42} & h_{43} \end{bmatrix}$$

であり、優先順位が送信系列 2, 1, 3 の順で高い場合には、変形チャネル行列  $H'$  は、  
【数 6】

$$H' = \begin{bmatrix} h_{13} & h_{11} & h_{12} \\ h_{23} & h_{21} & h_{22} \\ h_{33} & h_{31} & h_{32} \\ h_{43} & h_{41} & h_{42} \end{bmatrix}$$

となる。

【0144】

QR 分解装置 75、 $Q^H$  演算装置 76、送信系列推定装置 77 は、上述した本発明の第 2 の実施例と同一の手順によって、それぞれ QR 分解、 $Q^H$  演算及び送信系列の推定を行い、送信系列推定装置 77 は最小の誤差を与える送信シンボル系列を出力する。

【0145】

復元装置 78 はチャネル係数推定装置 72 からのチャネル行列  $H$  と、送信系列推定装置 77 からの送信シンボル系列とを入力として送信シンボル系列を並び替える。これは変形チャネル行列  $H'$  に対して推定された送信系列をチャネル行列  $H$  に対して推定された送信系列となるようにするためである。

【0146】

送信系列推定装置 77 では変形チャネル行列  $H'$  を用いて送信系列の推定を行うことによって、優先順位の高い系列から順に処理を行うことができ、系列推定精度の向上を図ることが期待される。

【0147】

本実施例では、優先順位を各送信系列の受信電力に基づいて決定しているが、受信電力対雑音電力比、あるいは受信電力対雑音電力、及び干渉電力比を測定して優先順位を決定することも可能である。

【0148】

図 16 は本発明の第 4 の実施例による受信装置 7 の復調処理を示すフローチャートである。これら図 15 及び図 16 を参照して本発明の第 4 の実施例による受信装置 7 の復調処理について説明する。尚、図 16 に示す処理は受信装置 7 の演算装置 (CPU: 中央処理装置) が記録媒体 79 のプログラムを実行することで実現される。また、上記の説明では送信装置 2 が 3 本の送信アンテナ 21-1 ~ 21-3 を持っている場合について述べたが、以下の動作では送信装置 2 が  $M$  本の送信アンテナを持つ場合について述べる。

【0149】

受信装置 7 ではチャネル係数並び替え装置 74 にてチャネル行列  $H$  の並べ替えを行い (図 16 ステップ S51)、その後 QR 分解装置 75 にて受信信号ベクトル  $r$  を QR 分解し、それを基に  $Q^H$  演算装置 76 にて変換信号  $z$  を算出する (図 16 ステップ S52)。送信系列推定装置 77 はパラメータ  $m$  を  $M$  に、 $K_{M+1}$  を 1 に設定し (図 16 ステップ S53)、送信信号  $s_m$  に対するシンボル候補を  $Q_m$  個生成し (図 16 ステップ S54)、パラメータ  $q$  を 1 に設定する (図 16 ステップ S55)。

【0150】

送信系列推定装置 77 は送信信号  $s_{m+1} \sim s_M$  に対する  $k$  番目のシンボル候補と、送信信号  $s_m$  に対する  $q$  番目のシンボル候補とを用いてレプリカ  $z_m$  に対する ( $kQ_m + q$ ) 番目のレプリカ  $z_{m, kQ_m + q}$  を計算する (図 16 ステップ S56)。さらに、送信系列推定装置 77 はレプリカ  $z_m$  とレプリカ  $z_{m, kQ_m + q}$  との誤差を計算し、当該送信信号  $s_{m+1} \sim s_M$  に対する誤差  $z_{m+1} \sim z_M$  を加算する (図 16 ステップ S57)。

【0151】

送信系列推定装置 77 は「 $q++=Q_m$ 」でなく (図 16 ステップ S58)、「 $k++=K_{m+1}$ 」でなく (図 16 ステップ S59)、「 $m--=1$ 」でない場合 (図 16 ステップ S60)、送信信号  $s_m \sim s_M$  に対するシンボル候補  $K_m$  個と、当該誤差を選択して保存する (図 16 ステップ S61)。

【0152】

送信系列推定装置 77 は「 $m--=1$ 」である場合 (図 16 ステップ S60)、最小誤差を与える送信信号  $s_1 \sim s_M$  を出力する (図 16 ステップ S62)。復元装置 78 は並び替えによる順序を復元してチャネル行列  $H$  に対して推定された送信系列を出力する (図 16 ステップ S63)。

【実施例 5】

【0153】

図 17 は本発明の第 5 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図であり、図 18 は図 17 の送信系列推定装置の構成を示すブロック図であり、図 19 は図 18 の第 2 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図であり、図 20 は図 18 の第 1 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。本発明の第 5 の実施例による無線通信システムの構成は受信装置 1 の代わりに受信装置 8 を配置した以外は、上記の図 1 に示す本発明の実施の形態による無線通信システムと同様の構成となっている。

【0154】

図 17 において、本発明の第 5 の実施例による受信装置 8 は 4 本の送信アンテナ 21-1 ~ 21-4 を持つ送信装置 2 から送信された信号を 2 本の受信アンテナ 81-1, 81-2 で受信している。

【0155】

受信装置 8 は 2 本の受信アンテナ 81-1, 81-2 と、チャネル係数推定装置 82 と、優先順位決定装置 83 と、チャネル係数並び替え装置 84 と、QR 分解装置 85 と、 $Q^H$  演算装置 86 と、送信系列推定装置 9 と、送信系列候補選択装置 87 と、受信装置 8 の各部の処理を実現するためのプログラム (コンピュータで実行可能なプログラム) を格納する記録媒体 88 とから構成され、復元装置 89 に接続されている。

【0156】

各受信アンテナ 81-1, 81-2 はそれぞれ信号を受信する。チャネル係数推定装置 82 は受信信号  $r_1, r_2$  を入力としてチャネル係数の推定を行い、チャネル行列  $H$  を出力する。優先順位決定装置 83 は受信信号  $r_1, r_2$  を入力として変換系列の優先順位を決定し、優先順位を表す信号  $X_{pri}$  を出力する。チャネル係数並び替え装置 84 はチャネル行列  $H$  と信号  $X_{pri}$  とを入力としてチャネル行列  $H$  の並び替えを行い、変形チャネル行列  $H'$  を出力する。

【0157】

QR 分解装置 85 は変形チャネル行列  $H'$  を入力として変形チャネル行列  $H'$  の QR 分解を行い、 $Q$  行列及び  $R$  行列を出力する。 $Q^H$  演算装置 86 は受信信号  $r_1, r_2$  と  $Q$  行列とを入力として受信信号ベクトル  $r$  に  $Q$  行列の複素共役転置を乗算し、変換信号  $z$  を出力する。送信系列推定装置 9 は変換信号  $z$  及び  $R$  行列を入力として送信系列の推定を行って出力する。

【0158】

ここで、チャネル係数推定装置 82 で推定されたチャネル行列  $H$  を、

【数 7】

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \end{bmatrix}$$

とし、送信系列 4, 2, 1, 3 の順に優先順位が高いものとする、並び替え装置 84 において並び替えられた変形チャネル行列  $H'$  は、

【数 8】

$$H' = \begin{bmatrix} h_{13} & h_{11} & h_{12} & h_{14} \\ h_{23} & h_{21} & h_{22} & h_{24} \end{bmatrix}$$

となる。また、チャネル係数推定装置 82 では、優先順位の高い二つの送信系列を推定するものとする。

【0159】

送信系列候補選択装置 87 は優先順位の高い送信系列 4 及び送信系列 2 に対して、例えば、

$$e_{i,j} = |r_1 - h_{14}x_i - h_{12}x_j|^2 + |r_2 - h_{24}x_i - h_{22}x_j|^2$$

という式で計算される値を最も小さくする  $K$  個の系列候補  $(x_{1-4}, x_{1-2}) \sim (x_{K-4}, x_{K-2})$  を送信アンテナ 21-4, 21-2 の送信系列候補  $(v_{1-4}, v_{1-2}) \sim (v_{K-4}, v_{K-2})$  として出力する。但し、各候補シンボルは信号  $c_1 \sim c_{16}$  のいずれかである。

【0160】

優先順位の高い二つの送信系列 4 及び送信系列 2 に対して送信系列候補の選択を行った場合には、送信系列推定装置 9 は図 18 に示すように、各々尤度計算装置 91-1 ~ 91-16K, 93-1 ~ 93-16K 1 からなる 2 段の尤度計算装置群と 2 段の信号選択装置 92, 94 とから構成され、第 2 段の尤度計算装置群、第 2 段の信号選択装置 92、第 1 段の尤度計算装置群、第 1 段の信号選択装置 94 の順に信号処理を行う。

【0161】

本実施例のように、各送信アンテナ 21-1 ~ 21-4 から送信される信号が 16 値であり、送信系列候補選択装置 87 から  $K$  個の送信系列候補  $(v_{1-4}, v_{1-2}) \sim (v_{K-4}, v_{K-2})$  が出力される場合には、第 2 段の尤度計算装置群が 16K 個の尤度計算装置 91-1 ~ 91-16K で構成される。

【0162】

第 1 番 ~ 第 16 番の尤度計算装置 91-1 ~ 91-16 は変換信号  $z_2$  と、 $R$  行列の成分  $r_{22}, r_{23}, r_{24}$  と、送信系列候補  $(v_{1-4}, v_{1-2}) \sim (v_{K-4}, v_{K-2})$  とを入力とし、第 17 番 ~ 第 32 番の尤度計算装置 91-17 ~ 91-32 は変換信号  $z_2$  と、 $R$  行列の成分  $r_{22}, r_{23}, r_{24}$  と、送信系列候補  $(v_{2-4}, v_{2-2}) \sim (v_{K-4}, v_{K-2})$  とを入力とし、第 16(K-1)+1 番 ~ 第 16K 番の尤度計算装置 91-16(K-1)+1 ~ 91-16K は変換信号  $z_2$  と、 $R$  行列の成分  $r_{22}, r_{23}, r_{24}$  と、送信系列候補  $(v_{K-4}, v_{K-2}) \sim (v_{K-4}, v_{K-2})$  とを入力とする。

【0163】

第2段の第1番の尤度計算装置91-1は、図19に示すように、送信シンボル候補生成装置911と、変換信号レプリカ生成装置912と、誤差計算装置913とから構成されている。尚、他の尤度計算装置91-2～91-16Kも上記の尤度計算装置91-1と同様の構成となっている。

#### 【0164】

この尤度計算装置91-1において、送信シンボル候補生成装置911は送信系列候補 $(v_{1-4}, v_{1-2}) \sim (v_{K-4}, v_{K-2})$ を入力として信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかからなる送信シンボル候補 $s_{2-1-4}, s_{2-1-3}, s_{2-1-2}$ を生成して出力する。変換信号レプリカ生成装置912はR行列の成分 $r_{22}, r_{23}, r_{24}$ と送信シンボル候補 $s_{2-1-4}, s_{2-1-3}, s_{2-1-2}$ とを入力として変換信号レプリカ $z_{2-1}$ を、

$$z_{2-1} = r_{22} s_{2-1-2} + r_{23} s_{2-1-3} + r_{24} s_{2-1-4}$$

という式から算出して出力する。

#### 【0165】

誤差計算装置913は変換信号 $z_2$ と、変換信号レプリカ $z_{2-1}$ とを入力として誤差信号 $e_{2-1}$ を、

$$e_{2-1} = |z_2 - z_{2-1}|^2$$

という式から算出して出力する。

#### 【0166】

第1番の尤度計算装置91-1は誤差信号 $e_{2-1}$ 及び送信シンボル候補 $s_{2-1-4}, s_{2-1-3}, s_{2-1-2}$ を出力する。同様に、第2番の尤度計算装置91-2は誤差信号 $e_{2-2}$ 及び送信シンボル候補 $s_{2-2-4}, s_{2-2-3}, s_{2-2-2}$ を、第16K番の尤度計算装置91-16Kは誤差信号 $e_{2-16K}$ 及び送信シンボル候補 $s_{2-16K-4}, s_{2-16K-3}, s_{2-16K-2}$ をそれぞれ出力する。

#### 【0167】

第2段の信号選択装置92は上述した本発明の第2の実施例と同一の手順によって、K1個の最も小さい誤差信号 $e''_1 \sim e''_{K1}$ と、当該誤差を与えるK1個のシンボル候補セット $(s''_{1-4}, s''_{1-3}, s''_{1-2}) \sim (s''_{K1-4}, s''_{K1-3}, s''_{K1-2})$ とを出力する。

#### 【0168】

第1段の尤度計算装置群は16K1個の尤度計算装置93-1～93-16K1で構成され、第1番～第16番の尤度計算装置93-1～93-16は変換信号 $z_1$ と、R行列の成分 $r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}$ と、シンボル候補セット $(s''_{1-4}, s''_{1-3}, s''_{1-2})$ とを入力とし、第16(K1-1)+1番～第16K1番の尤度計算装置93-16(K1-1)+1～93-16K1は変換信号 $z_1$ と、R行列の成分 $r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}$ と、シンボル候補セット $(s''_{K1-4}, s''_{K1-3}, s''_{K1-2})$ とを入力とする。

#### 【0169】

第1番の尤度計算装置93-1は、図20に示すように、送信シンボル候補生成装置931と、変換信号レプリカ生成装置932と、誤差計算装置933とから構成されている。尚、他の尤度計算装置93-2～93-16K1も上記の尤度計算装置93-1と同様の構成となっている。

#### 【0170】

この尤度計算装置93-1において、送信シンボル候補生成装置931は信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかからなる送信シンボル候補 $s_{1-1-4}, s_{1-1-3}, s_{1-1-2}, s_{1-1-1}$ を生成して出力する。変換信号レプリカ生成装置932はR行列の成分 $r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}$ と、送信シンボル候補 $s_{1-1-4}, s_{1-1-3}, s_{1-1-2}, s_{1-1-1}$ とを入力として変換信号レプリカ $z_{1-1}$ を、

$$z_{1-1} = r_{11} s_{1-1-1} + r_{12} s_{1-1-2} + r_{13} s_{1-1-3} + r_{14} s_{1-1-4}$$

という式から算出して出力する。

#### 【0171】

誤差計算装置933は変換信号 $z_1$ と、変換信号レプリカ $z_{1-1}$ と、誤差信号 $e''_1$ と



を入力として誤差信号  $e_{1-1}$  を、

$$e_{1-1} = |z_1 - z_{1-1}|^2 + e''_1$$

という式から算出して出力する。

#### 【0172】

第1番の尤度計算装置 93-1 は誤差信号  $e_{1-1}$  及び送信シンボル候補  $s_{1-1-4}$ ,  $s_{1-1-3}$ ,  $s_{1-1-2}$ ,  $s_{1-1-1}$  とを出力する。同様に、第2番の尤度計算装置 93-2 は誤差信号  $e_{1-2}$  及び送信シンボル候補  $s_{1-2-4}$ ,  $s_{1-2-3}$ ,  $s_{1-2-2}$ ,  $s_{1-2-1}$  を、第16K1番の尤度計算装置 93-16K1 は誤差信号  $e_{2-16K1}$  及び送信シンボル候補  $s_{1-16K1-4}$ ,  $s_{1-16K1-3}$ ,  $s_{1-16K1-2}$ ,  $s_{1-16K1-1}$  をそれぞれ出力する。

#### 【0173】

第1段の信号選択装置 94 は16K1個の尤度計算装置 93-1 ~ 93-16K1 から出力される誤差信号及び送信シンボル候補を入力として最も小さい誤差を与える送信系列  $s'_1$ ,  $s'_2$ ,  $s'_3$ ,  $s'_4$  を出力する。

#### 【0174】

このように、本実施例では、QR分解装置 85 で計算されるR行列の上三角部において不定となる系列を、送信系列推定装置 9 で推定することによって、受信アンテナが送信アンテナよりも少ない場合でも送信信号系列を復調することができる。

#### 【0175】

図21は本発明の第5の実施例による受信装置 8 の復調処理を示すフローチャートである。これら図17 ~ 図21を参照して本発明の第5の実施例による受信装置 8 の復調処理について説明する。尚、図21に示す処理は受信装置 8 の演算装置 (CPU: 中央処理装置) が記録媒体 88 のプログラムを実行することで実現される。また、上記の説明では送信装置 2 が4本の送信アンテナ 21-1 ~ 21-4 を持つ場合について述べたが、以下の動作では送信装置 2 がM本の送信アンテナを持つ場合について述べる。

#### 【0176】

受信装置 8 ではQR分解装置 85 にて受信信号ベクトル  $r$  をQR分解し、それを基に  $Q^H$  演算装置 86 にて変換信号  $z$  を算出する (図21ステップS71)。送信系列候補選択装置 87 は送信信号  $s_M \sim s_{M-L+1}$  に対するシンボル候補セットを  $K_L$  個決定する (図21ステップS72)。

#### 【0177】

送信系列推定装置 9 はパラメータ  $m$  を  $(M-L)$  に設定し (図21ステップS73)、送信信号  $s_m$  に対するシンボル候補を  $Q_m$  個生成し (図21ステップS74)、パラメータ  $q$  を1に設定する (図21ステップS75)。

#### 【0178】

その後、送信系列推定装置 9 は送信信号  $s_{m+1} \sim s_M$  に対する  $k$  番目のシンボル候補と、送信信号  $s_m$  に対する  $q$  番目のシンボル候補とを用いてレプリカ  $z_m$  に対する  $(kQ_m + q)$  番目のレプリカ  $z_{m, kQ_m+q}$  を計算する (図21ステップS76)。さらに、送信系列推定装置 6 はレプリカ  $z_m$  とレプリカ  $z_{m, kQ_m+q}$  との誤差を計算し、当該送信信号  $s_{m+1} \sim s_M$  に対する誤差  $z_{m+1} \sim z_M$  を加算する (図21ステップS77)。

#### 【0179】

送信系列推定装置 9 は「 $q++=Q_m$ 」でなく (図21ステップS78)、「 $k++=K_{m+1}$ 」でなく (図21ステップS79)、「 $m--=1$ 」でない場合 (図21ステップS80)、送信信号  $s_m \sim s_M$  に対するシンボル候補  $K_m$  個と、当該誤差とを選択して保存する (図21ステップS81)。送信系列推定装置 9 は「 $m--=1$ 」である場合 (図21ステップS80)、最小誤差を与える送信信号  $s_1 \sim s_M$  を出力する (図21ステップS82)。

#### 【0180】

上述した本発明の第1 ~ 第5の実施例では、信号選択装置の出力を最小誤差を与える送信シンボル候補としているが、受信機全体の構成に応じて、各送信シンボルの尤度や各送信シンボルで送信されるビットの尤度とすることもできる。

**【実施例 6】****【0181】**

図 22 は本発明の第 6 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図であり、図 23 は図 22 の送信系列推定装置の構成を示すブロック図であり、図 24 は図 23 の第 2 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図であり、図 25 は図 23 の第 1 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。本発明の第 6 の実施例による無線通信システムの構成は受信装置 1 の代わりに受信装置 100 を配置した以外は、上記の図 1 に示す本発明の実施の形態による無線通信システムと同様の構成となっている。

**【0182】**

図 22 において、本発明の第 6 の実施例による受信装置 100 は 2 本の送信アンテナ 21-1, 21-2 を持つ送信装置 2 から送信された信号を 2 本の受信アンテナ 101-1, 101-2 で受信している。

**【0183】**

受信装置 100 は 2 本の受信アンテナ 101-1, 101-2 と、チャネル係数推定装置 102 と、制御チャネル復号装置 103 と、優先順位決定装置 104 と、チャネル係数並び替え装置 105 と、QR 分解装置 106 と、 $Q^H$  演算装置 107 と、送信系列推定装置 110 と、受信装置 100 の各部の処理を実現するためのプログラム（コンピュータで実行可能なプログラム）を格納する記録媒体 108 とから構成され、復元装置 120 に接続されている。

**【0184】**

各送信アンテナ 101-1, 101-2 はそれぞれ独立な変調方式によって変調されており、送信アンテナ 21-1 からは信号  $c_1 \sim c_{L1}$  のいずれかが、送信アンテナ 21-2 からは信号  $c_1 \sim c_{L2}$  のいずれかが送信されているものとする。例えば、送信アンテナ 21-1 の変調方式が QPSK (Quaternary Phase Shift Keying) の場合に  $L1=4$ 、送信アンテナ 21-2 の変調方式が 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) の場合に  $L2=16$  となる。

**【0185】**

受信装置 100 は 2 本の受信アンテナ 101-1, 101-2 を備え、各受信アンテナ 101-1, 101-2 はそれぞれ信号を受信する。チャネル係数推定装置 102 は受信信号  $r_1, r_2$  を入力としてチャネル係数を推定し、推定されたチャネル係数からなるチャネル行列  $H$  を出力する。

**【0186】**

QR 分解装置 106 はチャネル行列を入力としてチャネル行列の QR 分解を行い、Q 行列及び R 行列を出力する。 $Q^H$  演算装置 107 は Q 行列と受信信号  $r_1, r_2$  とを入力として受信信号に Q 行列の共役複素転置行列を乗積し、変換信号  $z$  を出力する。

**【0187】**

優先順位決定装置 104 は制御チャネル復号装置 103 から通知される各送信アンテナ 21-1, 21-2 の信号点数 ( $L1, L2$ ) を入力として送信アンテナ間の優先順位を決定し、決定された優先順位を表す信号  $X_{pri}$  を出力する。ここで、各送信アンテナ 21-1, 21-2 に用いられる変調方式は、予め決められたフォーマットを用いた制御チャネルによって送信側から通知されているものとする。優先順位決定装置 104 では信号点数の少ない送信系列（変調多値数の低い送信系列）を有するアンテナに高い優先順位を与える。

**【0188】**

チャネル係数並び替え装置 105 はチャネル行列  $H$  と優先順位を表す信号  $X_{pri}$  を入力としてチャネル行列  $H$  の列ベクトルを並び替え、変形チャネル行列  $H'$  を出力する。この時、チャネル係数並び替え装置 105 は優先順位の低い列から順に並べる。本実施例では、優先順位の低いアンテナの信号点数を  $L1'$ 、優先順位の高いアンテナの信号点数を  $L2'$  とする。送信系列推定装置 110 は変換信号  $z$  と R 行列とを入力として各送信アンテナ 21-1, 21-2 から送信された信号を推定して出力する。

## 【0189】

送信系列推定装置 110 は、図 23 に示すように、各々尤度計算装置 111-1 ~ 111-L2', 113-1 ~ 113-L1' K1 からなる 2 段の尤度計算装置群と 2 段の信号選択装置 112, 114 とから構成され、第 2 段の尤度計算装置群、第 2 段の信号選択装置 112、第 1 段の尤度計算装置群、第 1 段の信号選択装置 114 の順に信号処理を行う。

## 【0190】

本実施例のように、送信アンテナ 21-1, 21-2 から送信される信号の最大信号点数が  $L_{MAX}$  である場合には、第 2 段の尤度計算装置群は、 $L_{MAX}$  個の尤度計算装置で構成される。各尤度計算装置 111-1 ~ 111-L2' は変換信号  $z_2$  と、R 行列の成分  $r_{22}$  とを入力として誤差信号群及び送信シンボル候補群を出力する。

## 【0191】

第 2 段の第 1 番の尤度計算装置 111-1 は、図 24 に示すように、送信シンボル候補生成装置 1111 と、変換信号レプリカ生成装置 1112 と、誤差計算装置 1113 とから構成されている。尚、他の尤度計算装置 111-2 ~ 111-L2' も上記の尤度計算装置 111-1 と同様の構成となっている。

## 【0192】

この尤度計算装置 111-1 において、送信シンボル候補生成装置 1111 は信号  $c_1 \sim c_{L2'}$  のいずれかのシンボルからなる送信シンボル候補  $s_{2-1-2}$  を生成して出力する。変換信号レプリカ生成装置 1112 は R 行列の成分  $r_{22}$  と送信シンボル候補  $s_{2-1-2}$  とを入力として変換信号レプリカ  $z_{2-1}$  を生成して出力する。

## 【0193】

誤差計算装置 1113 は変換信号  $z_2$  と、変換信号レプリカ  $z_{2-1}$  とを入力として二つの信号の誤差を計算し、誤差信号  $e_{2-1}$  を出力する。この時、変換信号レプリカ  $z_{2-1}$  は

$$z_{2-1} = r_{22} s_{2-1-2}$$

という式で計算され、誤差信号  $e_{2-1}$  は、

$$e_{2-1} = |z_2 - z_{2-1}|^2$$

という式で計算される。

## 【0194】

第 1 番の尤度計算装置 111-1 は誤差信号  $e_{2-1}$  及び送信シンボル候補  $s_{2-1-2}$  を出力する。第 2 段の信号選択装置 112 は第 2 段の  $L2'$  個の尤度計算装置 111-1 ~ 111-L2' で計算された誤差信号群及び送信シンボル候補群を入力として最も誤差の小さい K1 個の誤差信号  $e''_1 \sim e''_{K1}$  と、当該誤差を与える K1 個の送信シンボル候補  $s''_{1-2} \sim s''_{K1-2}$  を出力する。出力される K1 個の送信シンボル候補は信号  $c_1 \sim c_{L2'}$  のいずれかとなる。

## 【0195】

第 1 段の尤度計算装置群は  $L_{MAX}$  K1 個の尤度計算装置で構成され、第 1 番 ~ 第  $L1'$  番の尤度計算装置 113-1 ~ 113-L1' は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ ,  $r_{12}$  と、誤差信号  $e''_1$  と、送信シンボル候補  $s''_{1-2}$  とを入力とし、第  $L1'$  ( $K1-1$ ) + 1 番 ~ 第  $L1'$  K1 番の尤度計算装置 113-L1' ( $K1-1$ ) + 1 ~ 113-L1' K1 は変換信号  $z_1$  と、R 行列の成分  $r_{11}$ ,  $r_{12}$  と、誤差信号  $e''_{K1}$  と、送信シンボル候補  $s''_{K1-2}$  とを入力とする。

## 【0196】

第 1 番の尤度計算装置 113 は、図 25 に示すように、送信シンボル候補生成装置 1131 と、変換信号レプリカ生成装置 1132 と、誤差計算装置 1133 とから構成されている。尚、他の尤度計算装置 113-2 ~ 113-L1' K1 も上記の尤度計算装置 113-1 と同様の構成となっている。

## 【0197】

この尤度計算装置 113-1 において、送信シンボル候補生成装置 1131 は送信シン

ボル候補  $s''_{1-2}$  を入力として  $c_1 \sim c_{L1}'$  のいずれかのシンボルからなる送信シンボル候補  $s_{1-1-2}$ ,  $s_{1-1-1}$  を出力する。変換信号レプリカ生成装置 1132 は R 行列の成分  $r_{11}$ ,  $r_{12}$  と送信シンボル候補  $s_{1-1-2}$ ,  $s_{1-1-1}$  とを入力として変換信号レプリカ  $z_{1-1}$  を出力する。

#### 【0198】

誤差計算装置 1133 は変換信号  $z_1$  と、変換信号レプリカ  $z_{1-1}$  と、誤差信号  $e''_1$  を入力として誤差信号  $e_{1-1}$  を出力する。この時、変換信号レプリカ  $z_{1-1}$  は、

$$z_{1-1} = r_{11} s_{1-1-1} + r_{12} s_{1-1-2}$$

という式で計算され、誤差信号  $e_{1-1}$  は、

$$e_{1-1} = |z_1 - z_{1-1}|^2 + e''_1$$

という式で計算される。

#### 【0199】

第 1 番の尤度計算装置 113-1 は誤差信号  $e_{1-1}$  と、送信シンボル候補  $s_{1-1-2}$ ,  $s_{1-1-1}$  とを出力する。第  $L1'$  K1 番の尤度計算装置 113-L1' K1 は誤差信号  $e_{1-L1' K1}$  と、送信シンボル候補  $s_{1-L1' K1-2}$ ,  $s_{1-L1' K1-1}$  とを出力する。

#### 【0200】

第 1 段の信号選択装置 114 は第 1 段の  $L1'$  K1 個の尤度計算装置 113-1 ~ 113-L1' K1 で計算された誤差信号及び送信シンボル候補を入力として最も小さい誤差信号  $e'_1$  を与える送信シンボル候補  $s'_{1-2}$ ,  $s'_{1-1}$  を出力する。ここで、 $s'_{1-2}$  は  $s_{1-1-2} \sim s_{1-L1' K1-2}$  の中から、 $s'_{1-1}$  は  $s_{1-1-1} \sim s_{1-L1' K1-1}$  の中から選択された送信シンボル候補である。

#### 【0201】

復元装置 120 は優先順位決定装置 104 で生成した優先順位を表す信号  $X_{pri}$  を入力として送信シンボル系列を並べ替え、送信アンテナ番号  $s'_1$ ,  $s'_2$  を出力する。

#### 【0202】

第 2 段の信号選択装置 112 では  $L2'$  個の送信シンボル候補群の中から、最も誤差の小さい K1 個の送信シンボル候補を選択している。この場合、 $L2'$  と K1 との差が大きいほど、正しい送信シンボルが誤って候補から削除される可能性が高くなるため、受信特性が劣化してしまう。本実施例では、信号点数の少ないアンテナに優先順位を与え、チャネル係数の並べ替えを行っている。したがって、信号点数の少ないアンテナの順に処理を行うことが可能となり、前段において大幅な候補削減が行われる回数が少なくなり、結果として受信特性が改善される。

#### 【0203】

また、上述した本発明の第 6 の実施例において、送信系列候補選択装置 87 は優先度の高い送信系列 4 及び送信系列 2 に対して、誤差信号を小さくする K 個の系列候補を選択している。ここで、送信系列 4 及び送信系列 2 の信号点数をそれぞれ  $c_{L4}$ ,  $c_{L2}$  とすると、送信系列候補選択装置 87 は  $c_{L4} \times c_{L2}$  の組合せの中から K 個の候補を選択する。したがって、この場合においても、信号点数の少ない送信系列を優先的に処理するようにすれば、より少ない組合せの中から K 個の候補を選択すればよく、送信系列候補選択装置 87 の選択エラーによる特性劣化が抑えられる。さらに、 $c_{L4} \times c_{L2} < K$  の関係が成り立てば、送信系列候補選択装置 87 そのものが不要になる。

#### 【実施例 7】

##### 【0204】

次に、本発明の第 7 の実施例について説明するが、本発明の第 7 の実施例は上記の本発明の第 6 の実施例と同様の構成となっているので、図 22 ~ 図 25 を参照して説明する。

##### 【0205】

送信アンテナから送られる信号の最大信号点数が  $L_{MAX}$  である場合には、第 2 段の尤度計算装置群は  $L_{MAX}$  個の尤度計算装置で構成される。また、第 1 段の尤度計算装置群は  $L_{MAX}$  K1 個の尤度計算装置で構成される。

##### 【0206】

ここで、適応変調等によって、各送信アンテナの変調方式、すなわち信号点数が変化する場合について考える。第1段の尤度計算装置群に用意される $L_{MAX}$   $K1$ 個の尤度計算装置のうち、実際に使用される尤度計算装置数は $L1'$   $K1$ 個となる。したがって、 $L1'$ が $L_{MAX}$ より小さい場合には、用意した尤度計算装置全てが活用されない状態となる。

#### 【0207】

そこで、本実施例では、 $L1'$ に応じて $K1$ の数を設定する。今、第1段の尤度計算装置群の最大数を $J1_{MAX}$ とした場合、

#### 【数9】

$$K1 = \frac{J1_{MAX}}{L1'}$$

という式によって、 $L1'$ に応じて $K1$ を設定することで、 $J1_{MAX}$ 個の尤度計算装置を全て活用することができる。これによって、本実施例ではトータルの受信特性が改善される。

#### 【実施例8】

##### 【0208】

次に、本発明の第8の実施例について説明するが、本発明の第8の実施例は上記の本発明の第6の実施例と同様の構成となっているので、図22～図25を参照して説明する。

##### 【0209】

上述した各実施例において、アンテナの優先順位の決定処理では、受信電力、受信電力対雑音電力比、あるいは受信電力対雑音電力、及び干渉電力比等に基づく優先順位決定、及び変調方式に基づく優先順位決定を用いているが、本実施例では符号化率に基づく優先順位決定にてアンテナの優先順位の決定処理を行っている。

##### 【0210】

優先順位決定装置104は、送信アンテナ21-1, 21-2から送信されるデータ系列がそれぞれ独立の符号化率によって符号化される場合において、送信アンテナ21-1, 21-2各々における符号化率を基に優先順位を決定する。

##### 【0211】

ここで、各送信アンテナの符号化率が変化する場合について考える。本発明の送信系列推定装置では、アンテナの処理順によって、アンテナ毎の信号分離特性に差が生じる。具体的には、前段のステージで処理するアンテナの信号ほど信号分離特性が悪く、後段のステージで処理するアンテナの信号ほど信号分離特性が良くなる。これは、QR分解による直交化後においても、他のアンテナ干渉の影響が残るので、前段のステージにおける候補点選択に誤りが生じるためと考えられる。

##### 【0212】

したがって、本実施例では、符号化率の低いアンテナに対して高い優先順位を与えることによって、誤り訂正能力の高い（符号化率の低い）信号に対して信号分離特性の悪い前段のステージを割り当て、誤り訂正能力の低い（符号化率の高い）信号に対して信号分離特性の良い後段のステージを割り当てることで、トータルの受信特性の改善及びアンテナ間の特性の均一化が可能となる。

#### 【実施例9】

##### 【0213】

図26は本発明の第9の実施例による信号選択装置の構成を示すブロック図である。図26において、本発明の第9の実施例による信号選択装置200はビット尤度出力機能を内蔵しており、アンテナ毎最小値選択装置201と、ビット判定装置202, 203と、ビット毎最小値選択装置204, 205と、ビット毎尤度計算装置206, 207とから

構成され、ターボ復号器 210, 211 に接続されている。

【0214】

ターボ復号器 210, 211 等の軟判定ビット情報を用いた誤り訂正復号装置と組み合わせる場合、送信されたデータ系列のビット尤度を出力する機能を備えた信号選択装置 200 を用いる必要がある。ここでは、2 本の送信アンテナ 21-1, 21-2 を持つ送信装置 2 からそれぞれ 4 値の信号  $c_1 \sim c_4$  のいずれかが送信されているものとする。この時、各信号には、図 27 に示すように、2 bit の情報が割り当てられる。また、送信アンテナ 21-1 から送信される信号点のビットを  $b_{1-1}$ ,  $b_{1-2}$ 、送信アンテナ 21-2 から送信される信号のビットを  $b_{2-1}$ ,  $b_{2-2}$  とする。

【0215】

アンテナ毎最小値選択装置 201 は、第 1 段の 4K1 個の尤度計算装置（図示せず）で計算された誤差信号及び送信シンボル候補を入力として、最も小さい誤差信号  $e'_1$  と、その誤差信号  $e'_1$  を与えるアンテナ毎の送信シンボル候補  $s'_1$ ,  $s'_2$  を出力する。ビット判定装置 202, 203 はアンテナ毎に設けられ、それぞれの送信シンボル候補を入力として、各信号のビット判定を行う。

【0216】

ビット毎最小値選択装置 204, 205 はアンテナ毎に設けられ、ビット判定装置 202, 203 の出力である判定ビットと、第 1 段の 4K1 個の尤度計算装置で計算された誤差信号及び送信シンボル候補を入力として、判定ビットと異なるビット（反転ビット）を有する送信シンボル候補の中から、最も小さい誤差信号を出力する。

【0217】

例えば、送信アンテナ  $i$  の  $j$  番目のビットの判定ビット  $b_{i-j}$  が 0 の場合、ビット毎最小値選択装置 204, 205 は、 $c_1 \sim c_4$  のうち  $j$  番目のビットが 1 となる信号点の中から、最も小さい誤差信号  $E$  を出力する。ここで、誤差信号  $E$  は、

【数 10】

$$E = e'_{i-j}(\overline{b_{i-j}})$$

と表される。

【0218】

ビット毎尤度計算装置 206, 207 はアンテナ毎に設けられ、アンテナ毎最小値選択装置 204, 205 から出力される誤差信号  $e'_1$  と、ビット毎最小値選択装置 204, 205 の出力である誤差信号  $E$  とを入力とし、ビット毎の尤度  $\lambda_{i-j}$  を出力する。ビット毎の尤度は、

【数 11】

$$\lambda_{i-j} = e'_{i-j}(\overline{b_{i-j}}) - e'_1$$

(when  $b_{i-j} = 0$ )

【数 12】

$$\lambda_{i-j} = e'_1 - e'_{i-j}(\overline{b_{i-j}})$$

(when  $b_{i-j} = 1$ )

という式によって求められる。

#### 【0219】

信号選択装置 200 は上述した処理によって求められたビット尤度をターボ復号器 210, 211 に入力することによって、軟判定情報に基づいた誤り訂正復号を行うことができる。ここでは、送信アンテナ毎に符号化が行われていることを想定している。尚、図 22 に示すように、優先順位に基づく処理の並べ替えを行っている場合には、ビット毎尤度計算装置 206, 207 の出力を復元装置（図示せず）に入力し、送信アンテナ番号順のビット尤度に並べ替えた後、所定のターボ復号器に入力して処理を行う。

#### 【実施例 10】

##### 【0220】

図 28 は本発明の第 10 の実施例による信号選択装置の構成を示すブロック図である。図 28 において、本発明の第 10 の実施例による信号選択装置 300 はビット尤度出力機能を内蔵しており、アンテナ毎最小値選択装置 301 と、ビット判定装置 302, 303 と、ビット毎最小値選択装置 304, 305 と、誤差信号蓄積装置 306, 307 と、ビット毎尤度計算装置 308, 309 とから構成され、ターボ復号器 310, 311 に接続されている。

##### 【0221】

ビット毎最小値選択装置 301 では誤差信号が最小となる送信シンボル候補の判定ビットと異なるビット（反転ビット）を有する送信シンボル候補の中から、最も小さい誤差信号を探し出す。ところが、前段の信号選択装置（例えば、図 23 に示す信号選択装置 112）による送信シンボル候補の絞り込みによって、反転ビットのシンボル候補が全て削除されている場合が起こり得る。

##### 【0222】

この時、上記の式による  $\lambda_{i-j}$  の計算が成り立たず、尤度の計算ができないという問題が生じる。例えば、アンテナ毎最小値選択装置 301 で検出された信号点が  $c_1$  の場合、 $b_{1-1} = 0$  となる、この時、前段の信号選択装置において、信号点  $c_2, c_3$  が選択されずに削除されたと仮定すると、ビット毎最小値選択装置 304, 305 に対して、 $b_{1-1} = 1$  となる反転ビットの誤差信号が入力されないため、ビット尤度の計算が不可能となる。

##### 【0223】

上記の問題を解決するため、本実施例では、誤差信号蓄積装置 306, 307 を設けている。誤差信号蓄積装置 306, 307 は反転ビットに対する誤差信号  $E$  の出力を一定区間蓄積する。そして、誤差信号蓄積装置 306, 307 は一定区間蓄積した結果を平均する等して、反転ビットに対する仮の誤差信号  $e'_{1-ave}, e'_{2-ave}$  を出力する。

##### 【0224】

ビット毎尤度計算装置 308, 309 はアンテナ毎最小値選択装置 301 から出力される誤差信号  $e'_1$  と、ビット毎最小値選択装置 304, 305 の出力である誤差信号  $E$  と、誤差信号蓄積装置 306, 307 からの仮の誤差信号  $e'_{i-ave}$  とを入力とし、ビット毎の尤度  $\lambda_{i-j}$  を出力する。ここで、仮の誤差信号  $e'_{i-ave}$  は、ビット毎最小値選択装置 304, 305 において、反転ビットの誤差信号が出力できない場合に、ビット毎の尤度計算の代用として用いられる。

##### 【0225】

これによって、本実施例では、上記の処理によって前段の信号選択装置によるシンボル候補の絞り込みが行われた場合においても、常にビット尤度の計算を行うことが可能となる。

#### 【実施例 11】

##### 【0226】

図 29 は本発明の第 11 の実施例によるチャネル係数推定装置の構成を示すブロック図であり、図 30 は図 29 に示すチャネル係数推定装置を用いる場合の送信信号構成の一例を示す図である。図 29 において、チャネル係数推定装置 500 はパイロットシンボルレ



プリカ生成装置 501-1~501-3, 505-1~505-3, ... (パイロットシンボルレプリカ生成装置 501-2, 505-2 は図示せず) と、相関検出装置 502-1~502-3, 506-1~506-3, ... (相関検出装置 502-2, 506-2 は図示せず) とから構成されている。

#### 【0227】

図 30 に示すように、各送信アンテナ #1~#3 からは送信アンテナ #1~#3 毎に異なる 4 シンボル長のパイロットシンボルがデータシンボルに対して周期的に挿入されている。この図 30 に示す例では、各送信アンテナ #1~#3 のパイロットシンボルパターンは互いに直交している。

#### 【0228】

このような直交パターンは、例えばパイロットシンボル数と同じ長さの Walsh 系列を用いることで生成可能である。以降、送信アンテナ #m のパイロットシンボル系列を  $p_m(n)$  とする。ここで、 $n$  はシンボル番号を表すものとする。

#### 【0229】

チャネル係数推定装置 500 では、受信信号  $r_1$  を相関検出装置 502-1 に入力する。また、パイロットシンボルレプリカ生成装置 501-1 では送信アンテナ #1 (図示せず) のパイロットシンボル系列  $p_1$  を生成して相関検出装置 502-1 に出力する。

#### 【0230】

相関検出装置 502-1 では、受信信号  $r_1$  に送信アンテナ #1 のパイロットシンボル系列  $p_1$  の複素共役値を乗算した値を 4 パイロットシンボル分平均化することによって、送信アンテナ #1 と受信アンテナ #1 (図示せず) との間のチャネル係数  $h_{11}$  を推定して出力する。尚、チャネル係数  $h_{11}$  は、

#### 【数 13】

$$h_{11} = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 r_1(n) \cdot p_1(n)^*$$

という式で推定される。ここで、 $r_1(n)$  は、パイロットシンボル  $n$  が受信される時の受信信号  $r_1$  を示す。実際には、チャネル係数  $h_{11}$  の推定を、複数のパイロットシンボル送信区間で得られたチャネル係数推定値に対して重み付け平均を行うことで求めることも可能である。

#### 【0231】

同様にして、相関検出装置 502-m (図示せず) では、受信信号  $r_1$  と、パイロットシンボルレプリカ生成装置 501-m (図示せず) で生成された送信アンテナ #m のパイロットシンボル系列  $p_m$  を入力として、チャネル係数  $h_{1m}$  を推定して出力する。

#### 【0232】

さらに同様にして、相関検出装置 506-1 では、受信信号  $r_4$  と、パイロットシンボルレプリカ生成装置 505-1 で生成される送信アンテナ #1 のパイロットシンボル系列  $p_1$  とを入力して相関を求めることで、チャネル係数  $h_{41}$  を推定して出力する。

#### 【0233】

本実施例では、上述した動作を繰り返すことで、3 つの送信アンテナ (図示せず) と 4 つの受信アンテナ (図示せず) との間の各チャネル係数を推定し、推定されたチャネル係数からなるチャネル行列  $H$  を出力する。尚、本実施例では、パイロットシンボルがデータシンボルに時間的に多重される構成を例に挙げて説明しているが、周波数多重や符号多重、これらの組み合わせを用いた場合にも、上記と同様の方法でチャネル係数推定値を得ることができる。

#### 【実施例 12】

## 【0234】

図31は本発明の第12の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。本発明の第12の実施例による無線通信システムの構成は受信装置1の代わりに受信装置700を配置した以外は、上記の図1に示す本発明の実施の形態による無線通信システムと同様の構成となっている。

## 【0235】

図31において、本発明の第12の実施例による受信装置700は、3本の送信アンテナ21-1~21-3を持つ送信装置2から送信された信号を4本の受信アンテナ701-1~701-4で受信している。この場合、各送信アンテナ21-1~21-3からは16値の信号 $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかが送信されているものとする。

## 【0236】

本発明の第12の実施例による受信装置700は、送信装置2において、送信信号である $c_1 \sim c_{16}$ のいずれかが予め同一の拡散符号によって拡散されている場合に適用される。

## 【0237】

受信装置700は4本の受信アンテナ701-1~701-4と、チャネル係数推定装置702と、QR分解装置703と、4個の逆拡散装置704-1~704-4と、 $Q^H$ 演算装置705と、送信系列推定装置706と、受信装置700の各部の処理を実現するためのプログラム（コンピュータで実行可能なプログラム）を格納する記憶媒体707とから構成されている。

## 【0238】

各受信アンテナ701-1~701-4はそれぞれ信号を受信する。チャネル係数推定装置702は受信信号 $r_1 \sim r_4$ を入力としてチャネル係数を推定し、推定されたチャネル係数からなるチャネル行列 $H$ を出力する。QR分解装置703はチャネル行列 $H$ を入力としてQR分解を行い、 $Q$ 行列及び $R$ 行列を出力する。

## 【0239】

逆拡散装置704-1~704-4はそれぞれ受信信号 $r_1 \sim r_4$ を入力として、送信装置2において拡散に用いられた拡散符号と同一の拡散符号レプリカを用いて逆拡散を行い、逆拡散後の受信信号 $r'_1 \sim r'_4$ を出力する。

## 【0240】

$Q^H$ 演算装置705は、図4に示す本発明の第2の実施例による受信装置3内の $Q^H$ 演算装置34と同様の演算を行うが、入力信号として受信信号 $r_1 \sim r_4$ の代わりに、逆拡散後の受信信号 $r'_1 \sim r'_4$ を入力するところが本発明の第2の実施例と異なる。 $Q^H$ 演算装置705は逆拡散後の受信信号 $r'_1 \sim r'_4$ に $Q$ 行列の共役複素転置行列を乗算し、変換信号 $z$ を出力する。

## 【0241】

送信系列推定装置706は変換信号 $z$ と $R$ 行列とを入力として、図4に示す本発明の第2の実施例による受信装置3内の送信系列推定装置4と同様の演算によって、送信系列推定値 $s'_1, s'_2, s'_3$ を出力する。本実施例では、上記の構成を用いることで、拡散信号の系列を推定する場合に比較して、送信系列推定装置706における演算量を拡散率分の1に抑えることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0242】

【図1】 本発明の実施の形態による無線通信システムの構成を示すブロック図である。

【図2】 図1の受信装置による復調処理を示すフローチャートである。

【図3】 本発明の第1の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図4】 本発明の第2の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図5】 図4の送信系列推定装置の構成を示すブロック図である。

【図6】 図5の第3段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 7】 図 5 の第 2 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 8】 図 5 の第 1 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 9】 本発明の第 2 の実施例による受信装置の復調処理を示すフローチャートである。

【図 10】 本発明の第 3 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 11】 図 10 の送信系列推定装置の構成を示すブロック図である。

【図 12】 図 11 の第 2 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 13】 図 11 の第 1 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 14】 本発明の第 3 の実施例による受信装置の復調処理を示すフローチャートである。

【図 15】 本発明の第 4 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 16】 本発明の第 4 の実施例による受信装置の復調処理を示すフローチャートである。

【図 17】 本発明の第 5 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 18】 図 17 の送信系列推定装置の構成を示すブロック図である。

【図 19】 図 18 の第 2 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 20】 図 18 の第 1 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 21】 本発明の第 5 の実施例による受信装置の復調処理を示すフローチャートである。

【図 22】 本発明の第 6 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 23】 図 22 の送信系列推定装置の構成を示すブロック図である。

【図 24】 図 23 の第 2 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 25】 図 23 の第 1 段目の尤度計算装置の構成を示すブロック図である。

【図 26】 本発明の第 9 の実施例による信号選択装置の構成を示すブロック図である。

【図 27】 送信信号への情報割り当て例を示す図である。

【図 28】 本発明の第 10 の実施例による信号選択装置の構成を示すブロック図である。

【図 29】 本発明の第 11 の実施例によるチャネル係数推定装置の構成を示すブロック図である。

【図 30】 図 29 に示すチャネル係数推定装置を用いる場合の送信信号構成の一例を示す図である。

【図 31】 本発明の第 12 の実施例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 32】 従来例による受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 33】 図 32 の誤差計算装置の構成を示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

【0243】

1, 3, 5, 7, 8,

100, 700 受信装置

2 送信装置

4, 6, 9, 15, 77,

110, 706 送信系列推定装置

10 ヌリング装置

11-1~11-N,

31-1~31-4,

51-1~51-3,

71-1~71-4,

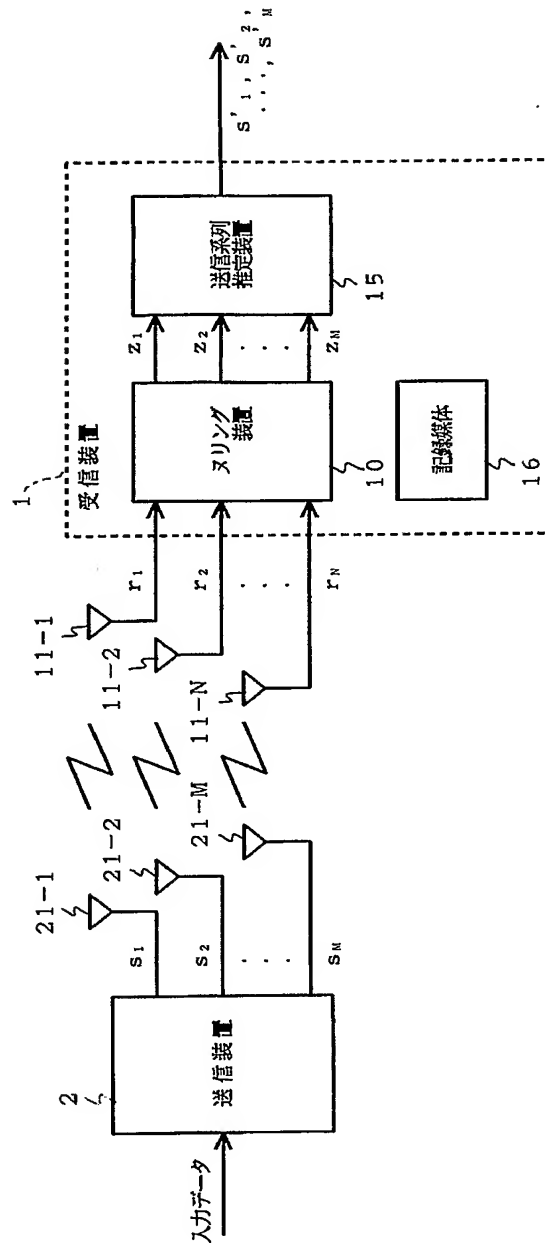
81-1, 81-2,

101-1, 101-2,

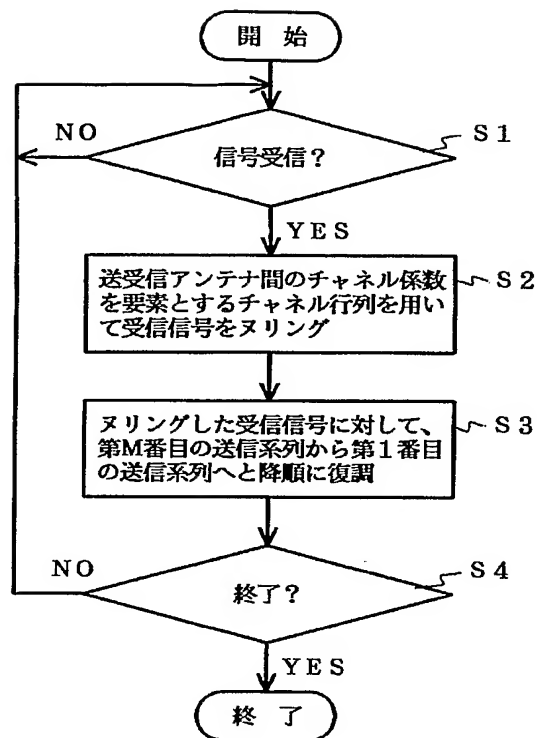
701-1~701-4 受信アンテナ

12, 32, 52, 72,	
82, 102, 500	チャネル係数推定装置
13, 33, 53, 75,	
85, 106, 703	QR分解装置
14, 34, 54, 76,	
86, 107, 705	$Q^H$ 演算装置
16, 35, 56, 79,	
108, 707	記録媒体
21-1~21-M	送信アンテナ
41-1~41-16,	
43-1~43-16K1,	
45-1~45-16K2,	
61-1~61-8,	
63-1~63-8K1,	
91-1~91-16K,	
93-1~93-16K1,	
111-1~111-L2',	
113-1~113-L1' K1	尤度計算装置
42, 44, 46, 62, 64,	
92, 94, 112, 114,	
200, 300	信号選択装置
55	送信シンボル候補選択装置
73, 83, 104	優先順位決定装置
74, 84, 105	チャネル係数並べ替え装置
78, 89, 120	復元装置
103	制御チャネル復号装置
201, 301	アンテナ毎最小値選択装置
202, 203, 302, 303	ビット判定装置
204, 205, 304, 305	ビット毎最小値選択装置
206, 207, 308, 309	ビット毎尤度計算装置
210, 211, 310, 311	ターボ復号器
306, 307	誤差信号蓄積装置
411, 431, 451, 611,	
631, 911, 931,	
1111, 1131	送信シンボル候補生成装置
412, 432, 452, 612,	
632, 912, 932,	
1112, 1132	変換信号レプリカ生成装置
413, 433, 453, 613,	
633, 913, 933,	
1113, 1133	誤差計算装置
501-1, 501-3,	
505-1, 505-3	パイロットシンボルレプリカ生成装置
502-1, 502-3,	
506-1, 506-3	相関検出装置
704-1~704-4	逆拡散装置

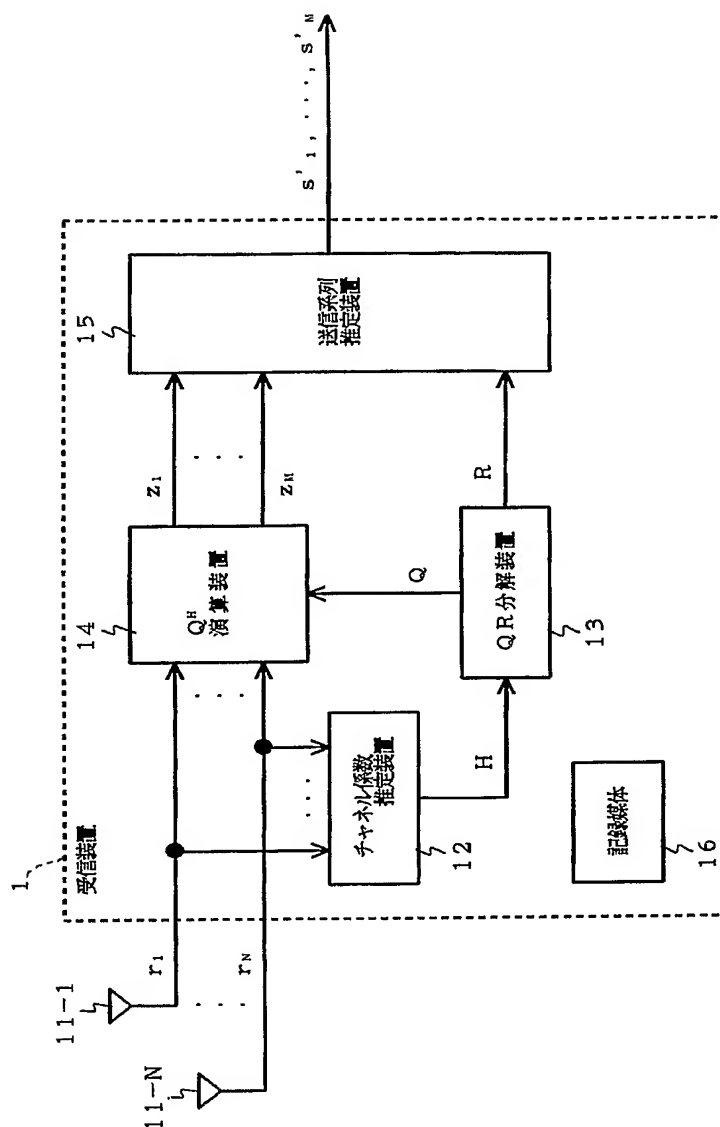
【書類名】 図面  
【図 1】



【図 2】

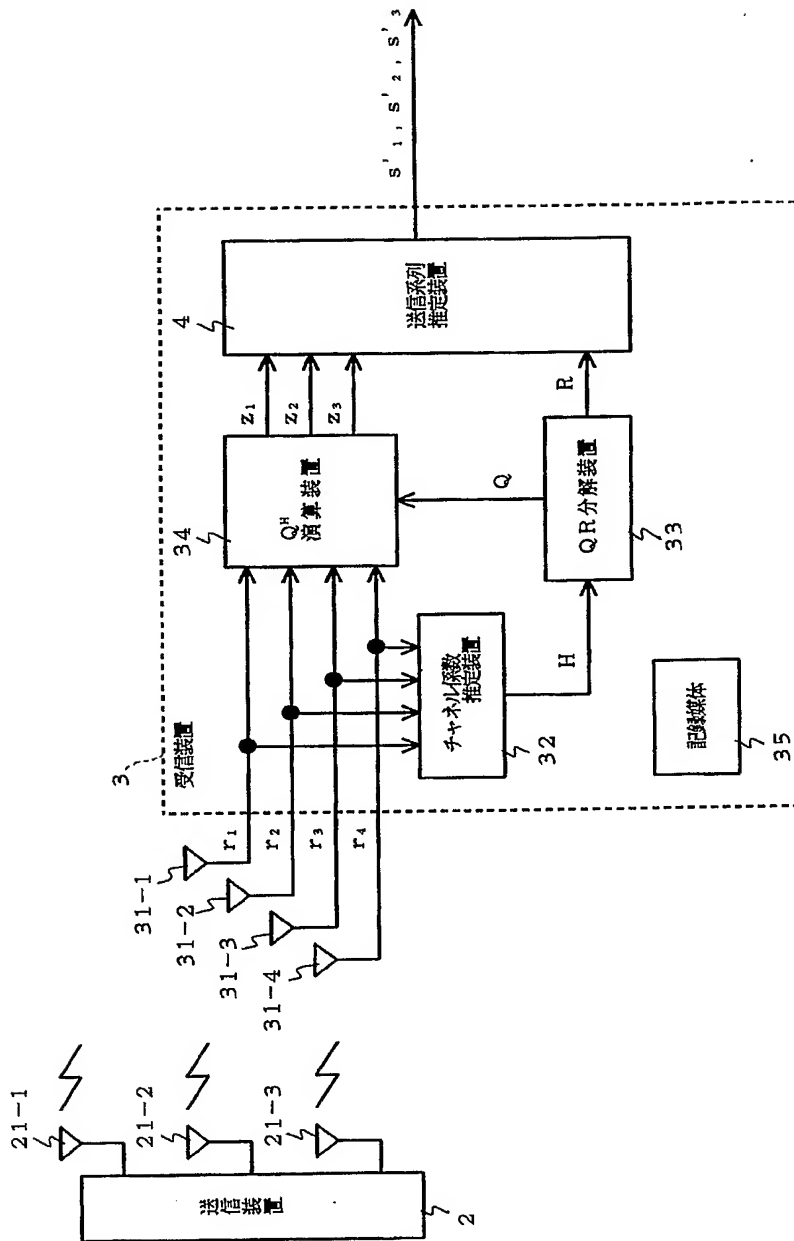


【図 3】

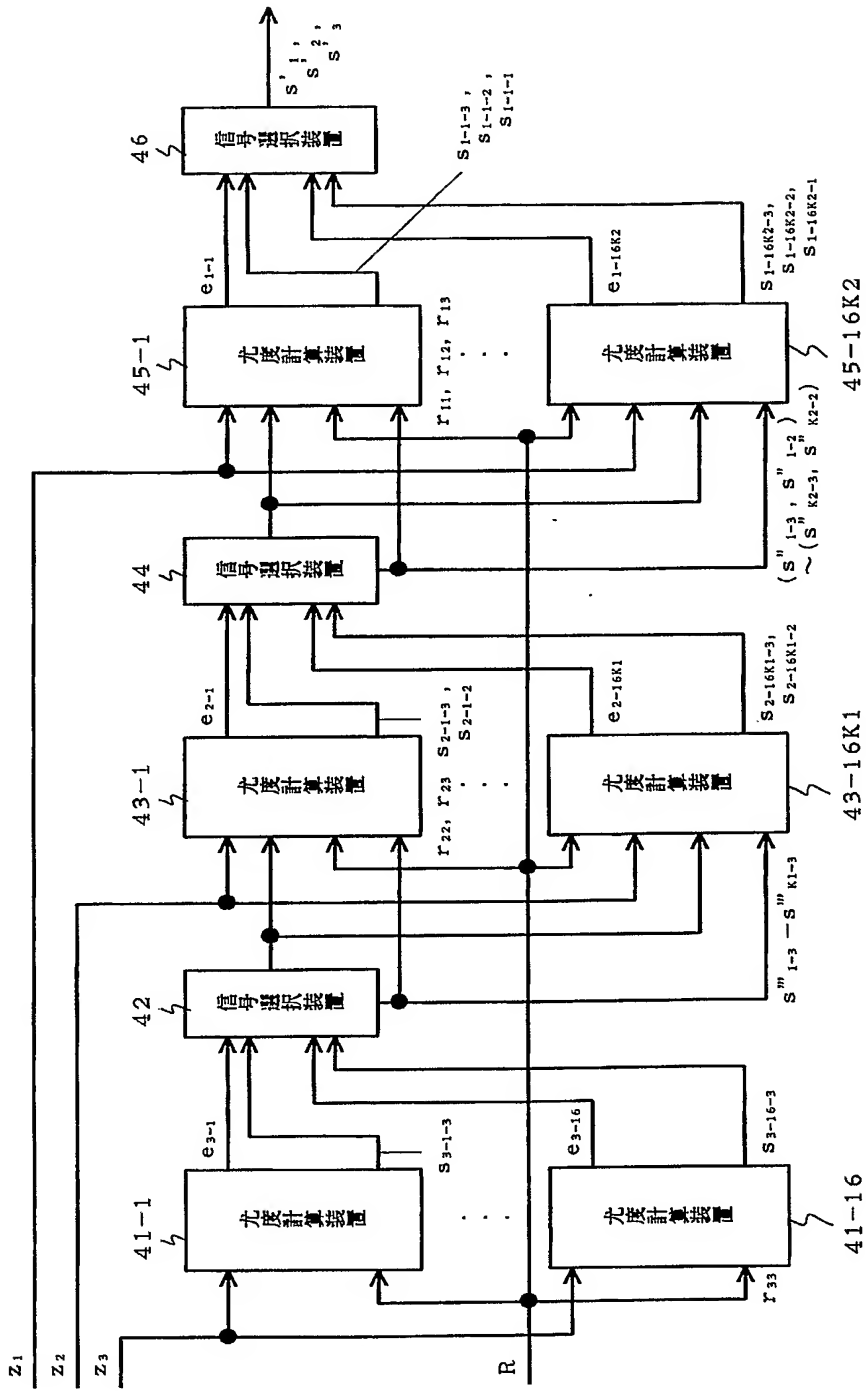




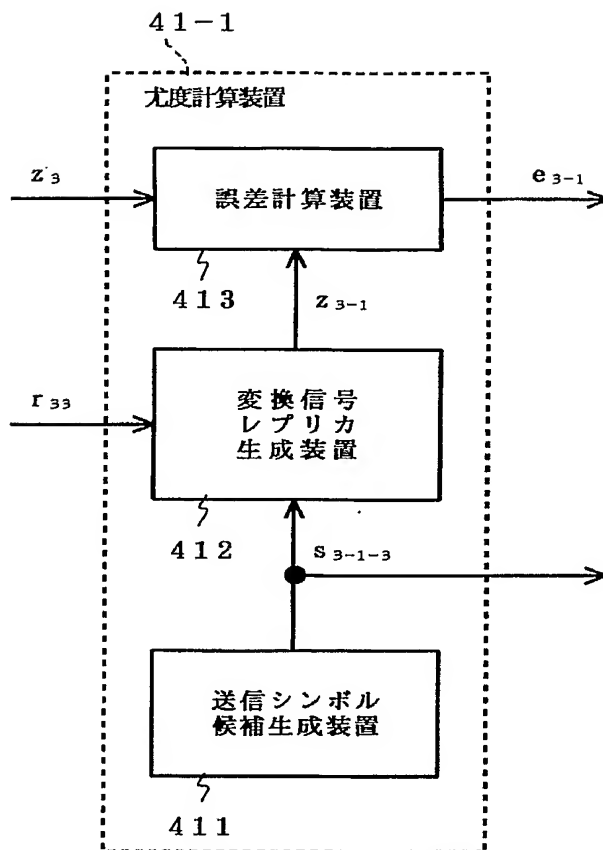
【図 4】



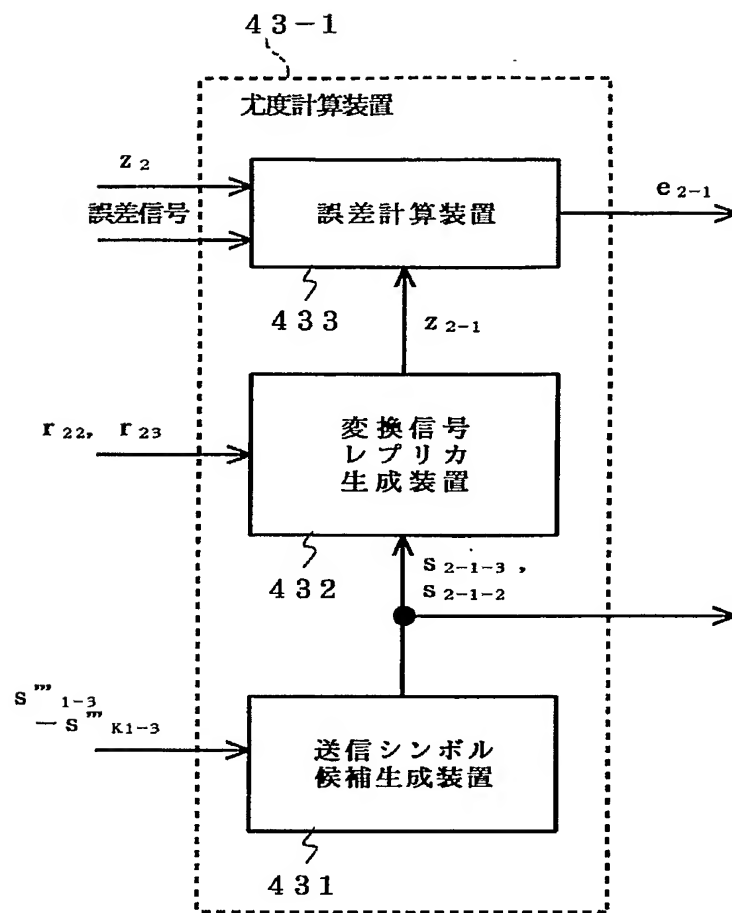
【図5】



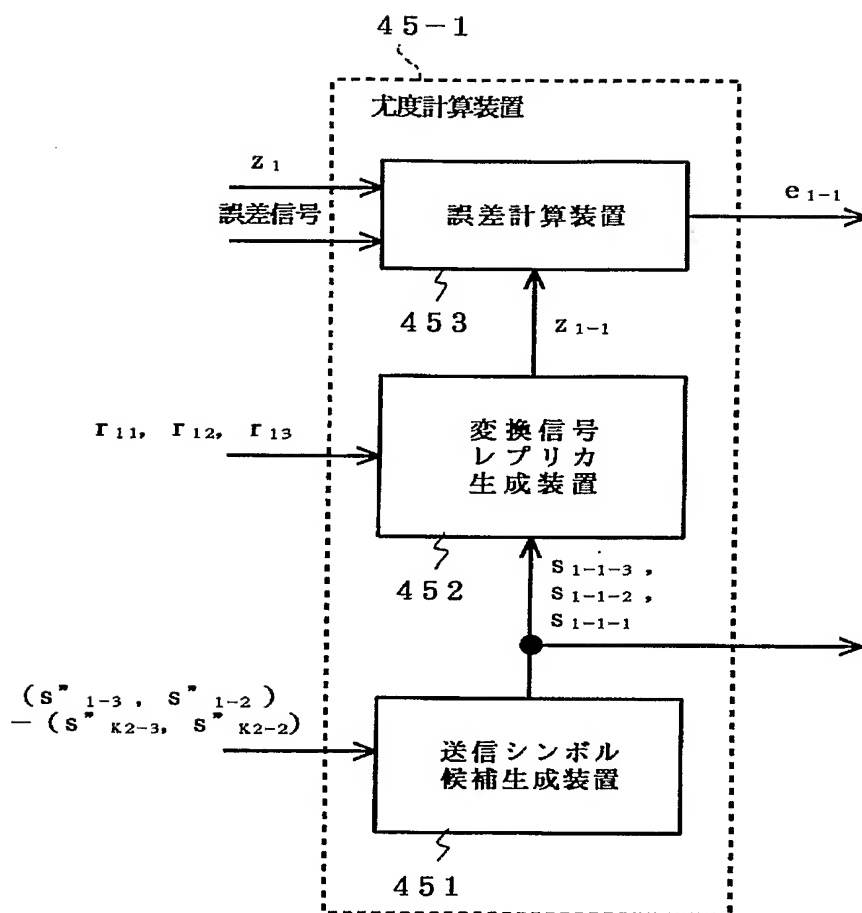
【図 6】



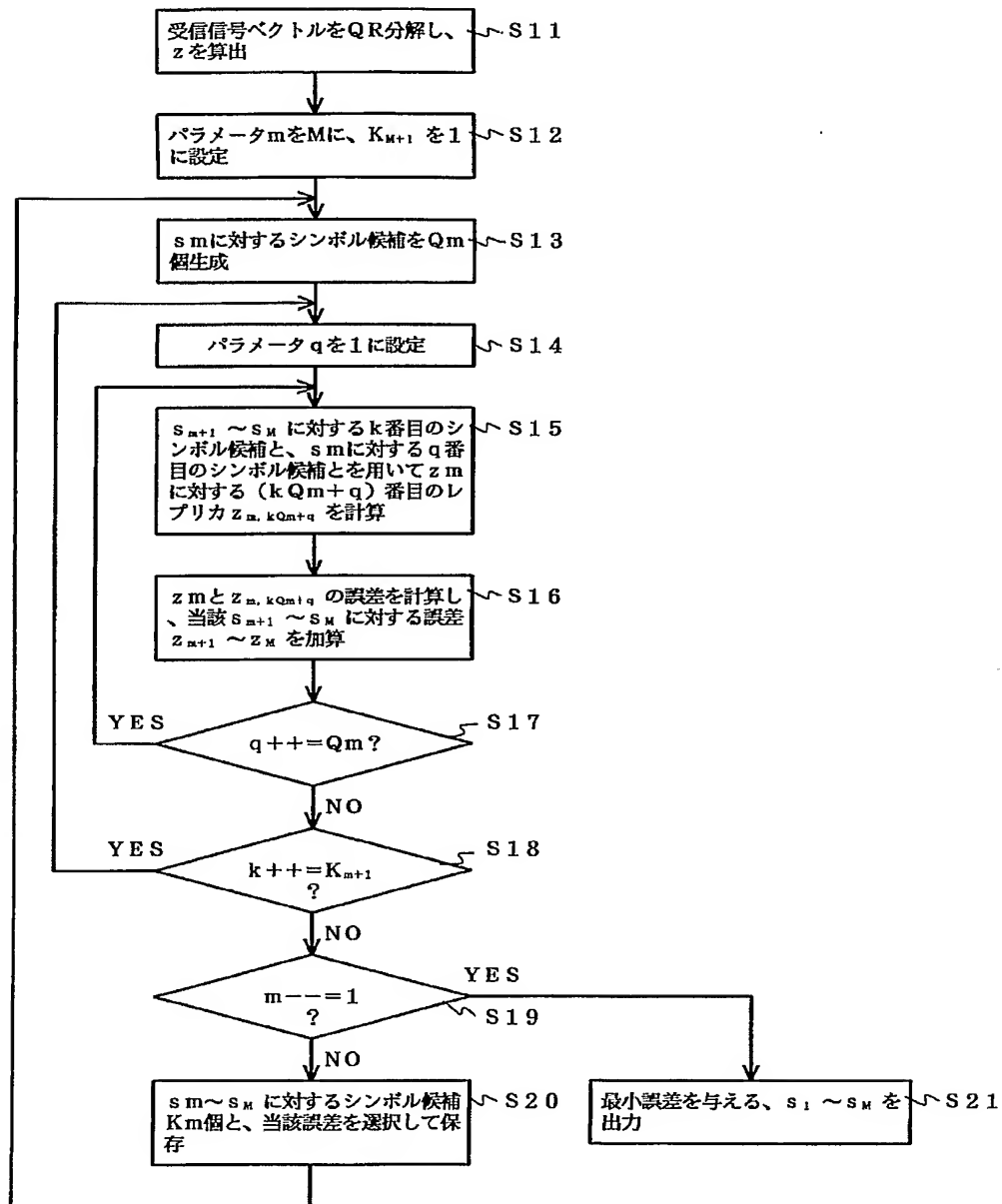
【図 7】



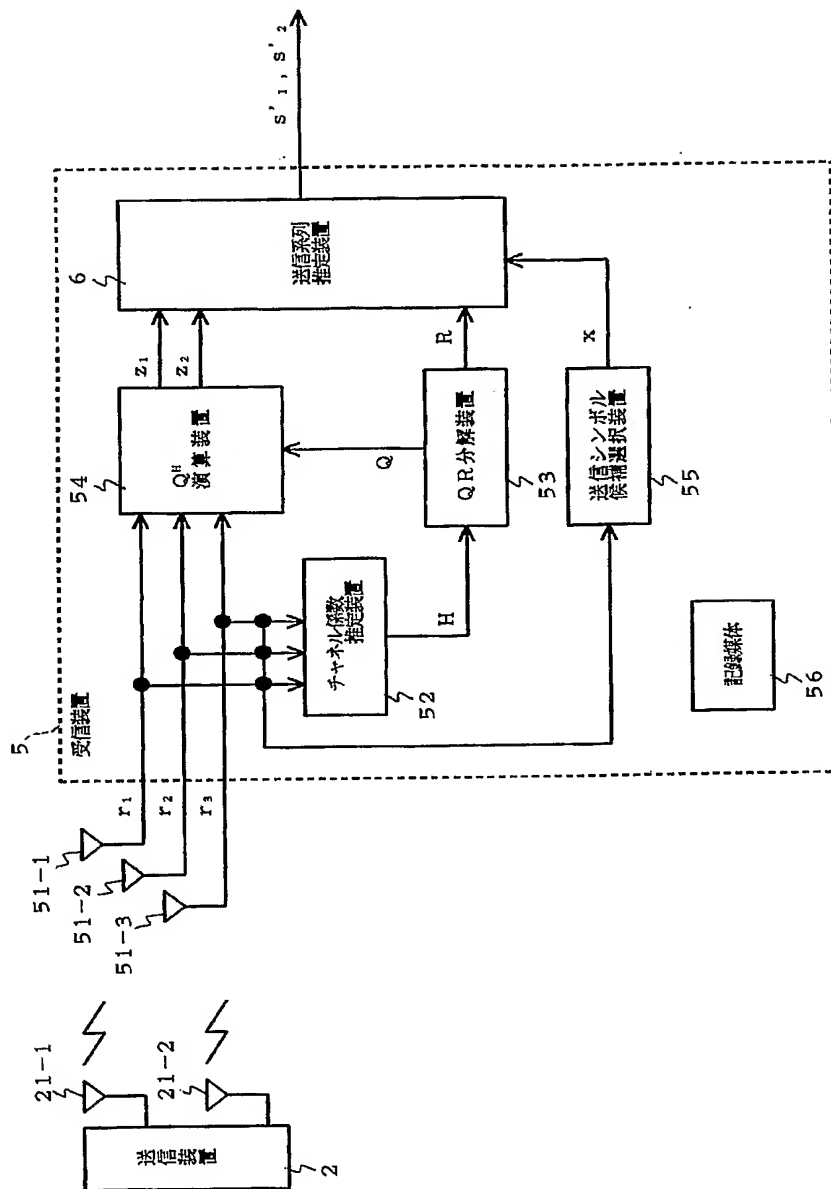
【図 8】



【図 9】

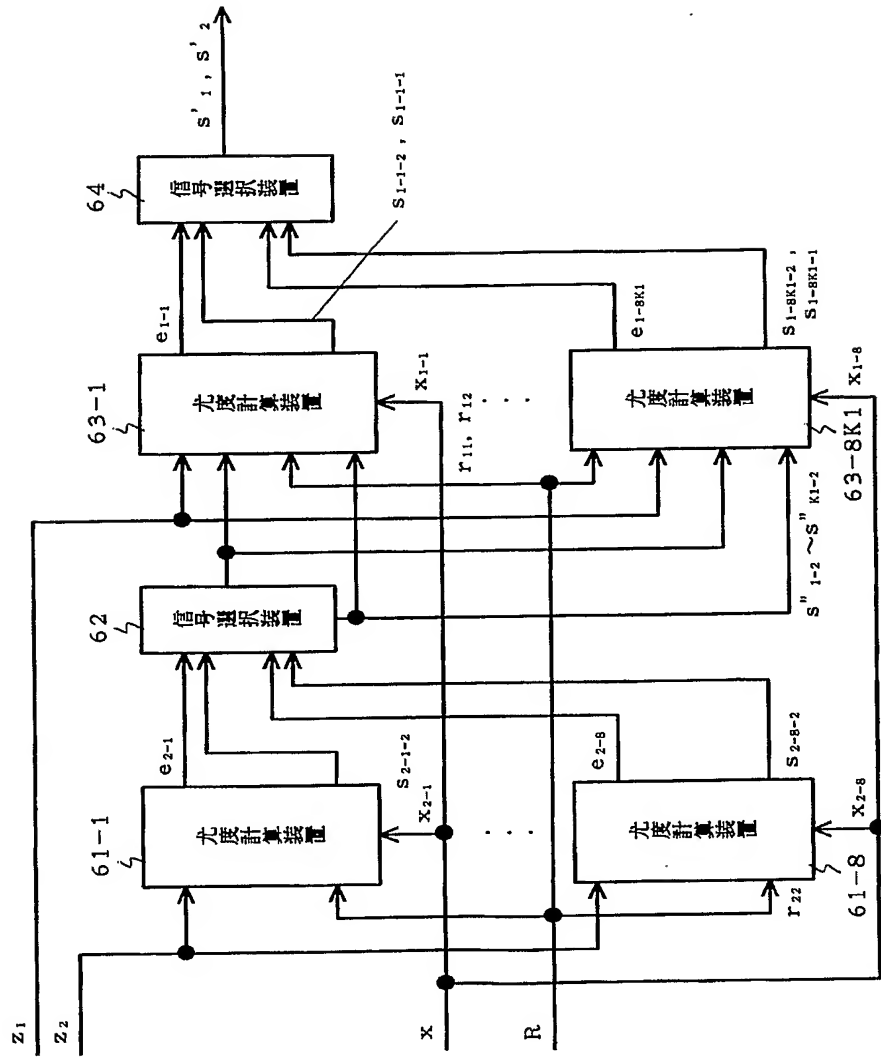


【図 10】

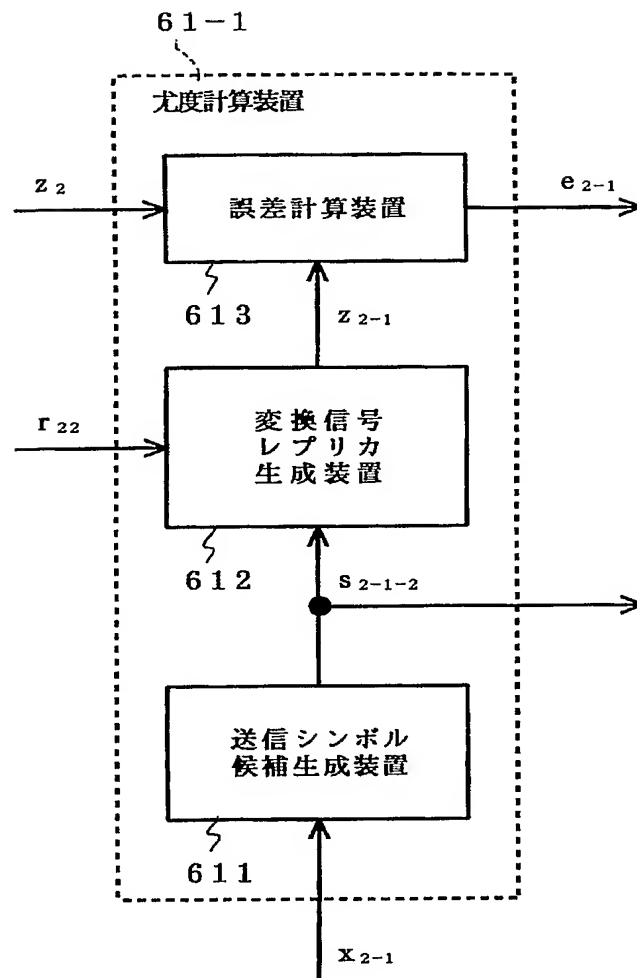




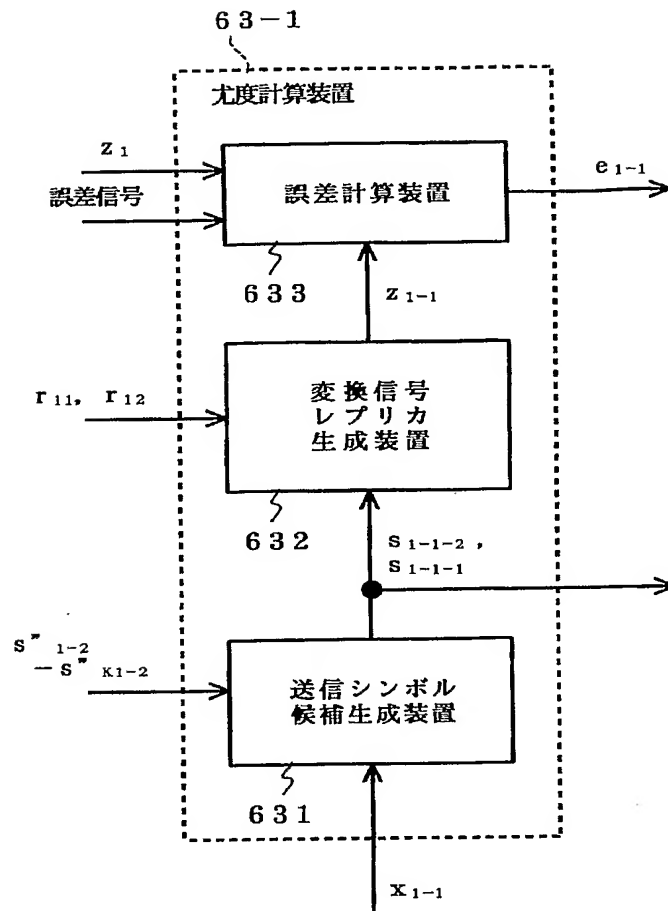
【図 11】



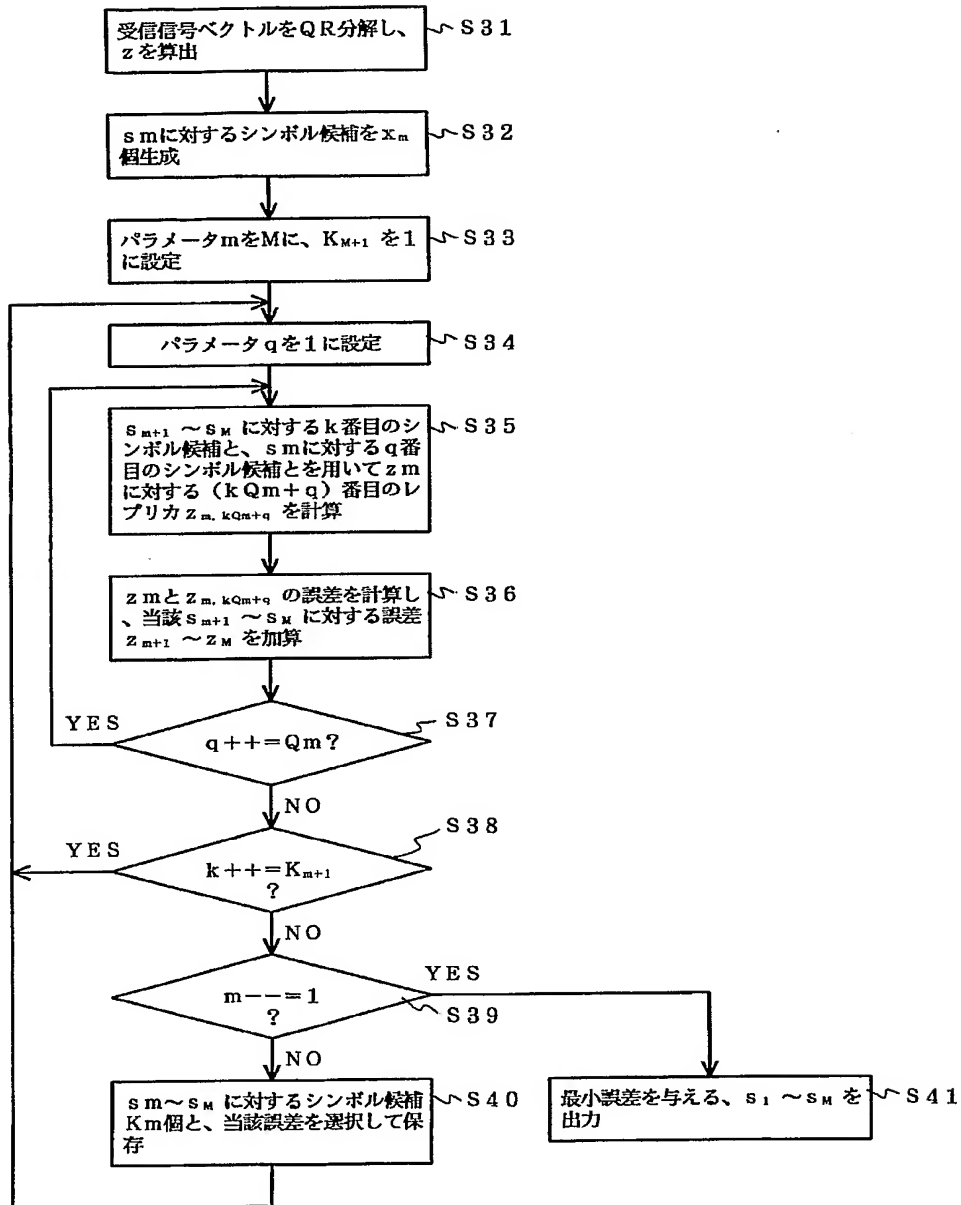
【図 12】



【図 13】

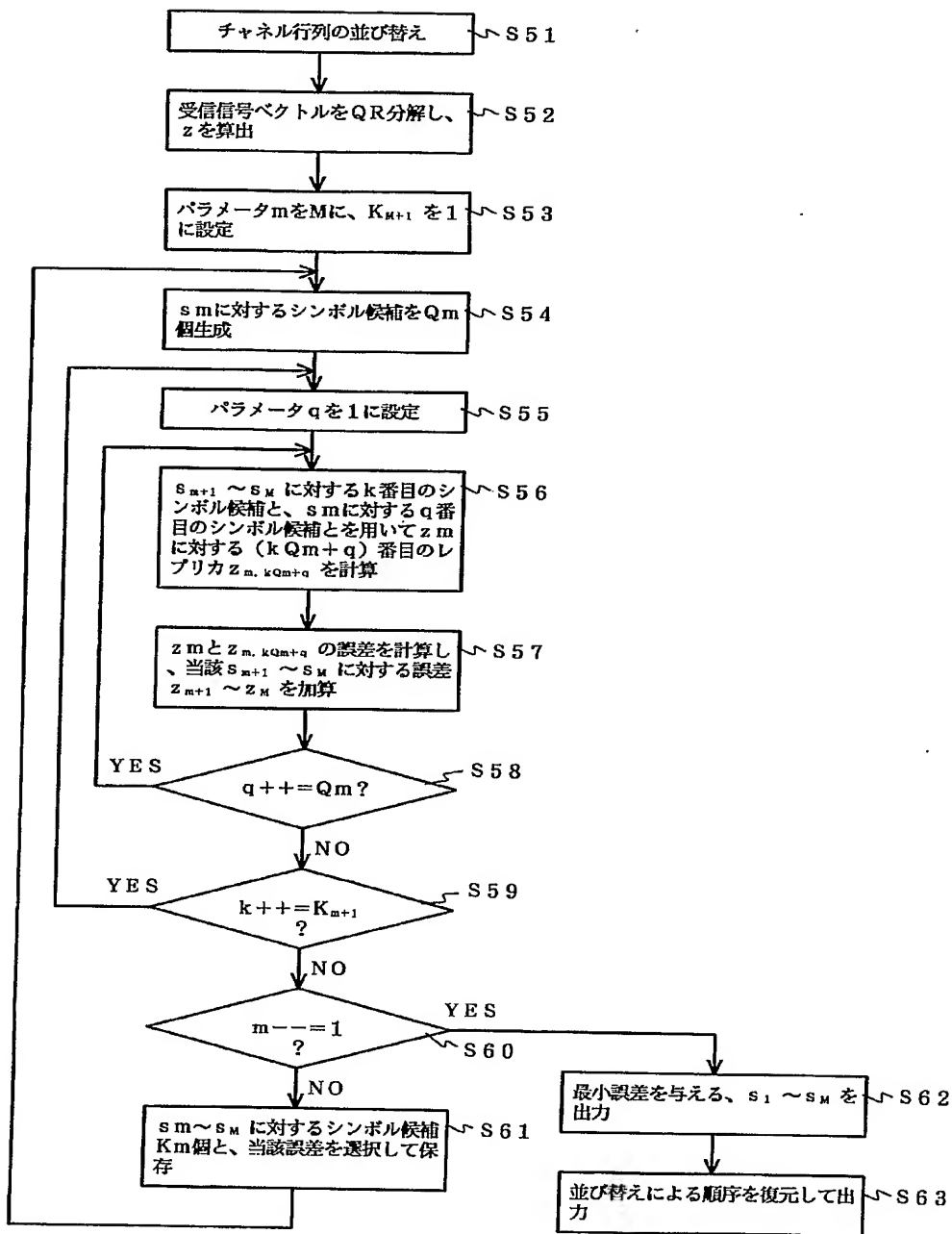


【図 14】





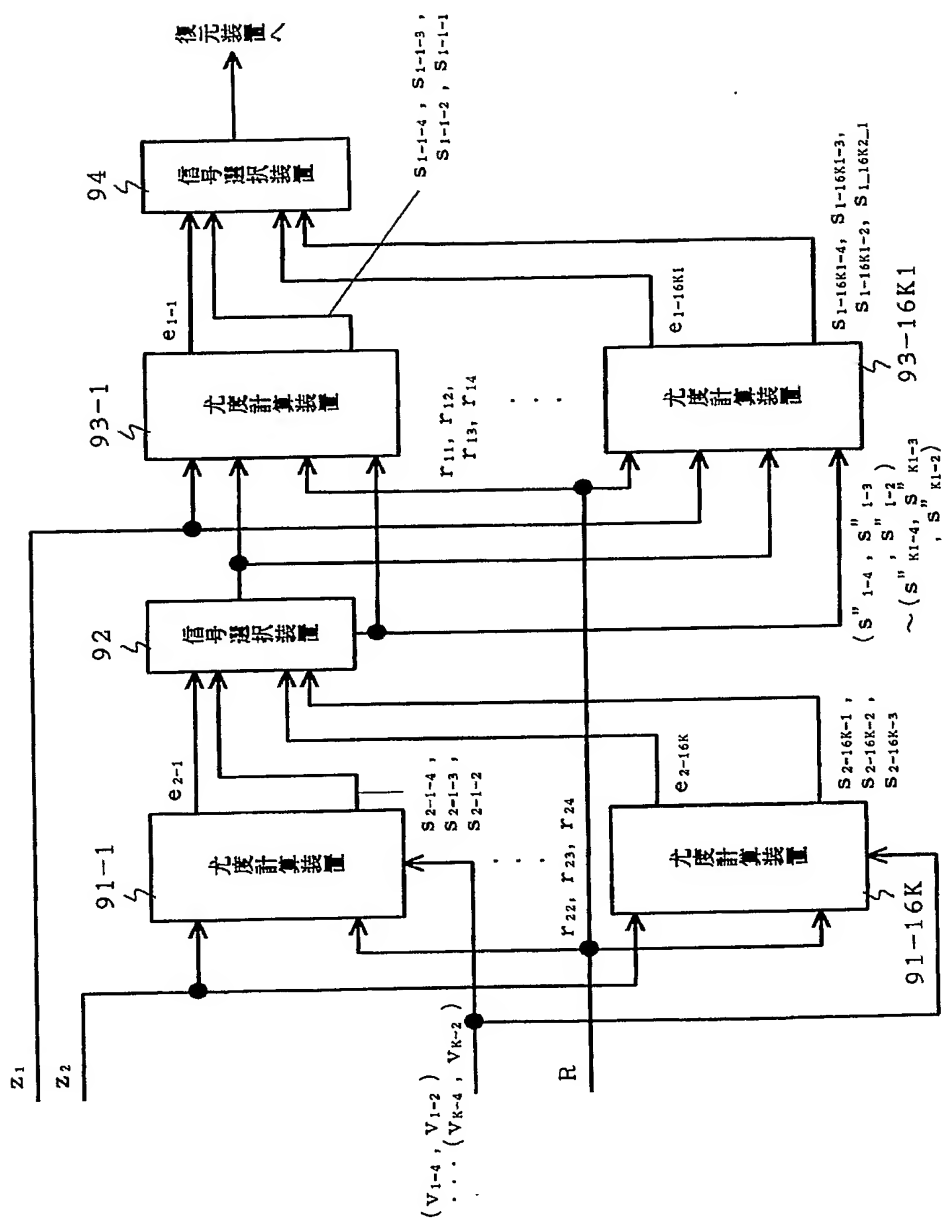
【図 16】



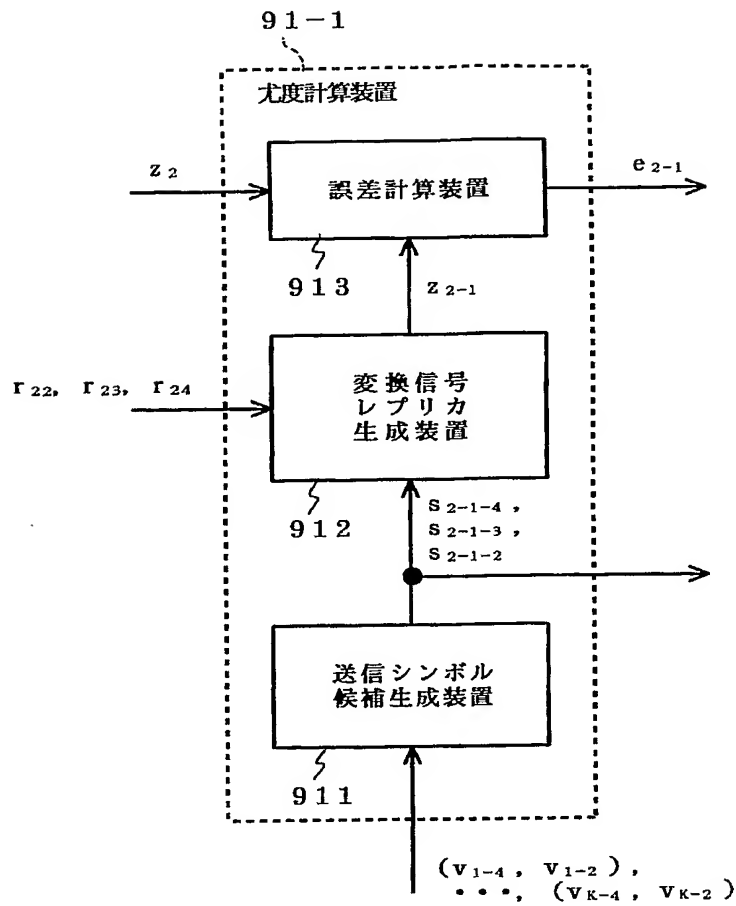




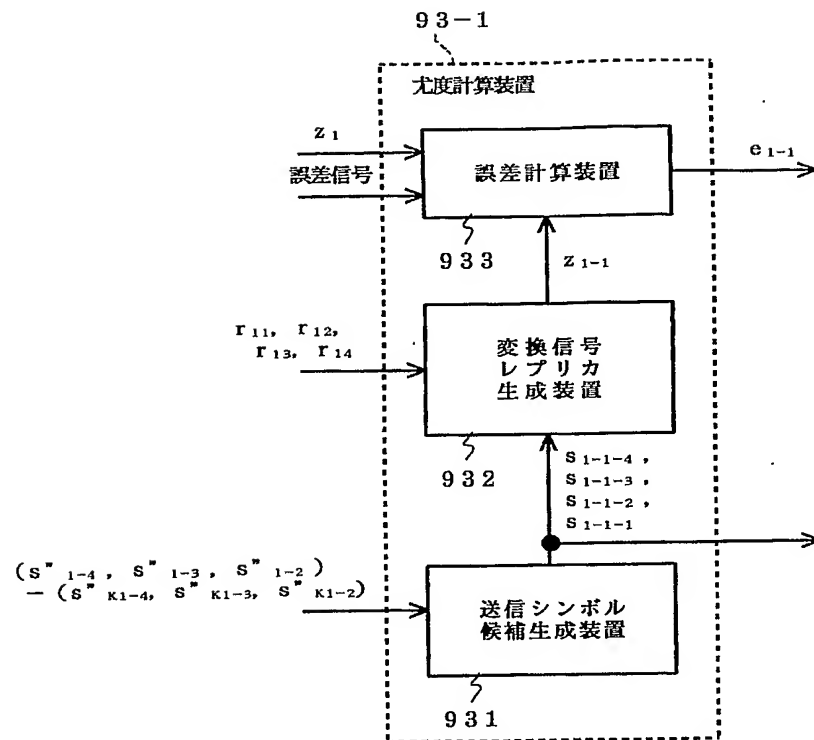
【図 18】



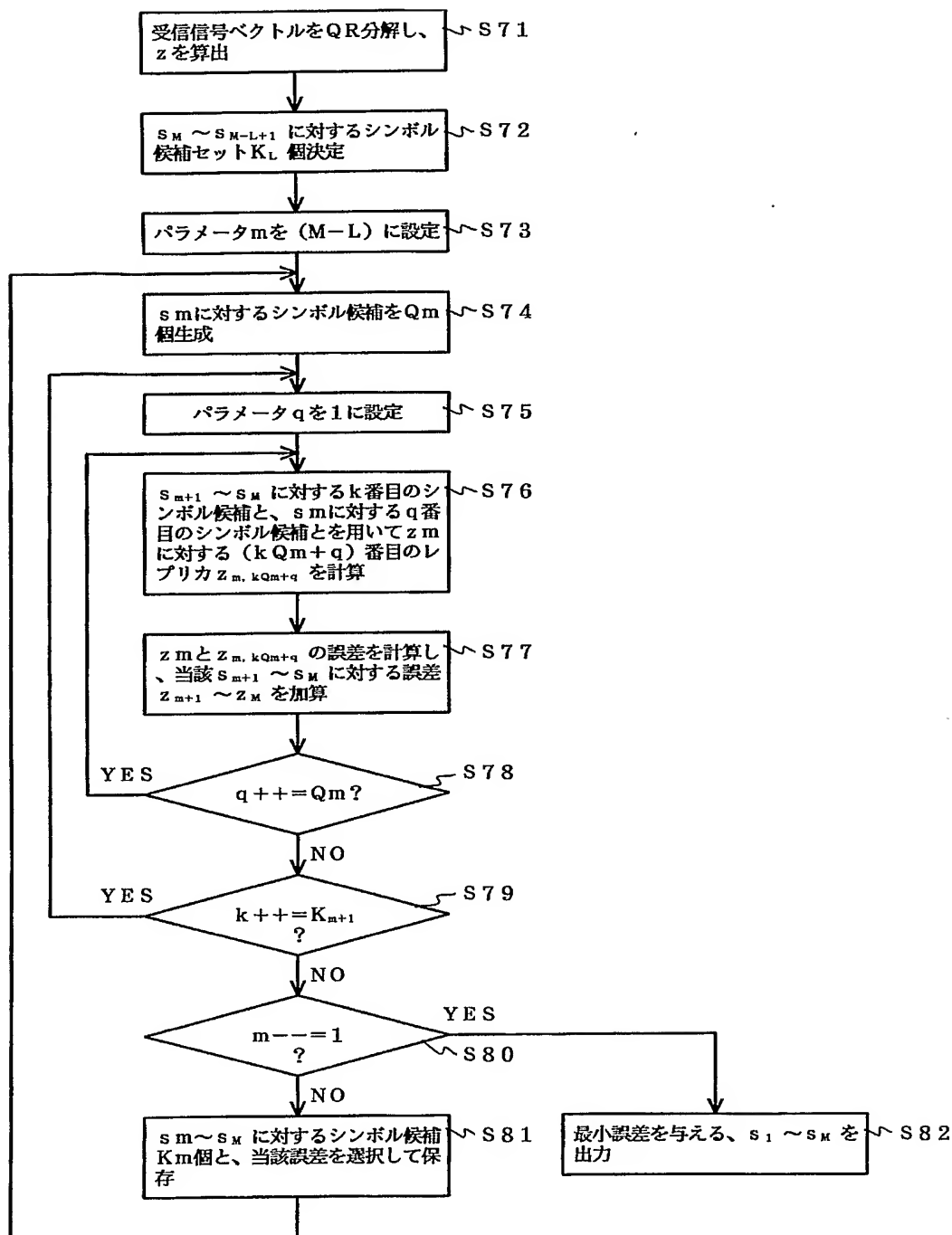
【図 19】



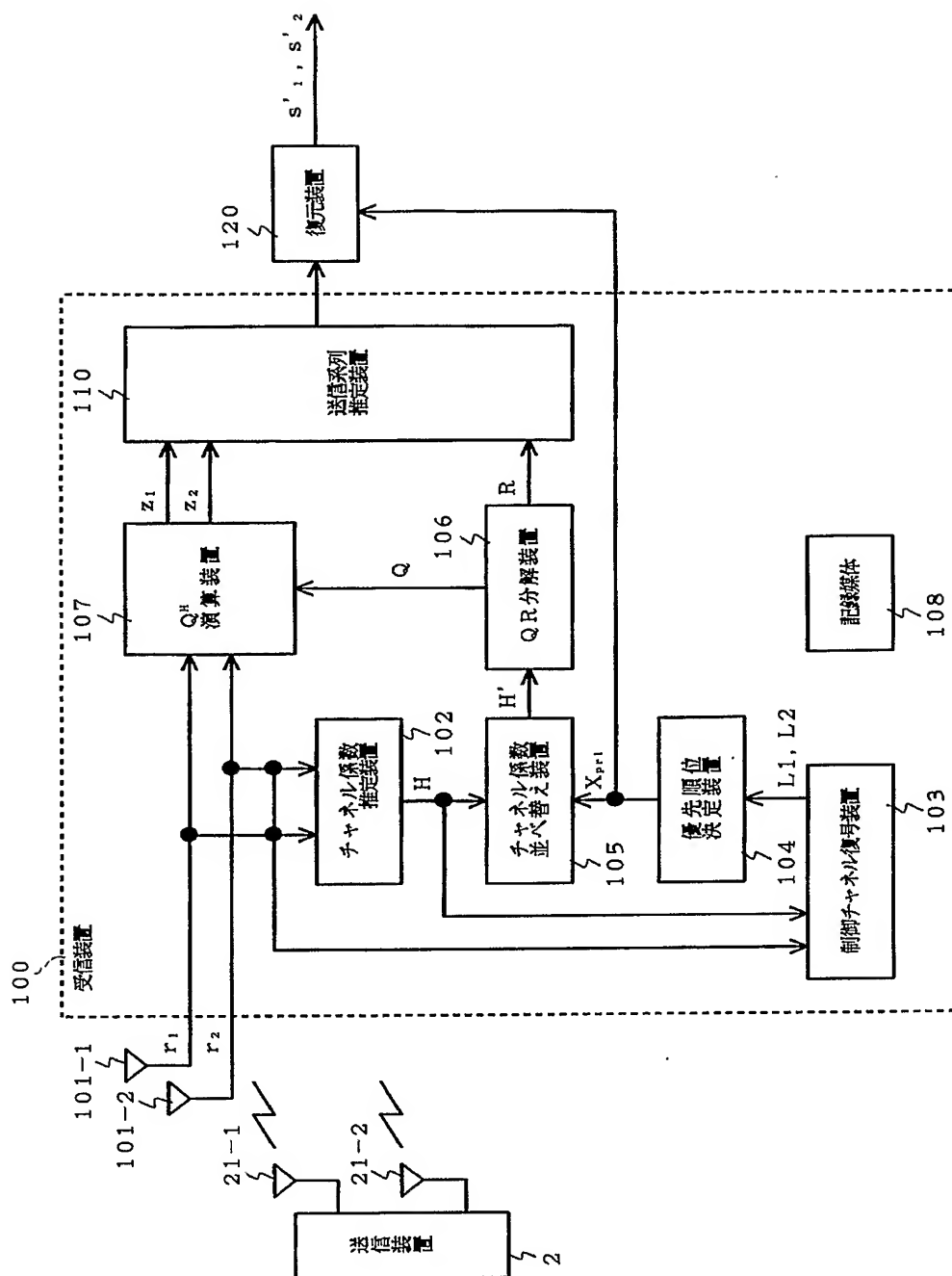
【図 20】



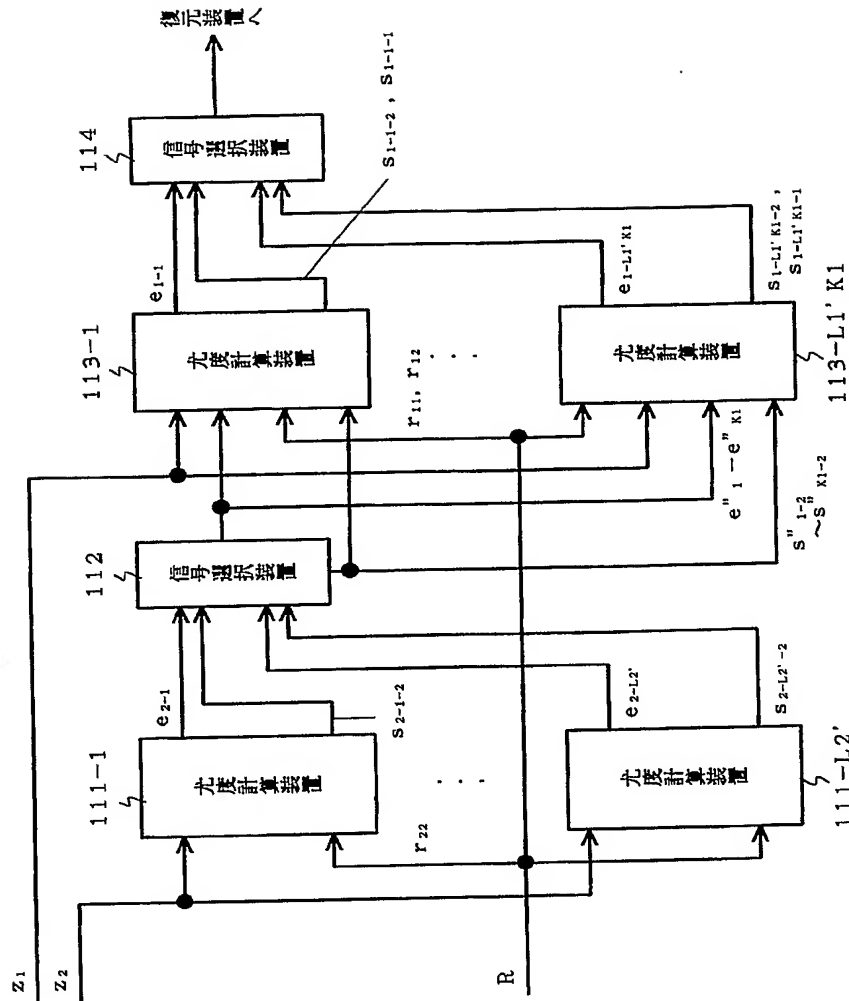
【図 21】



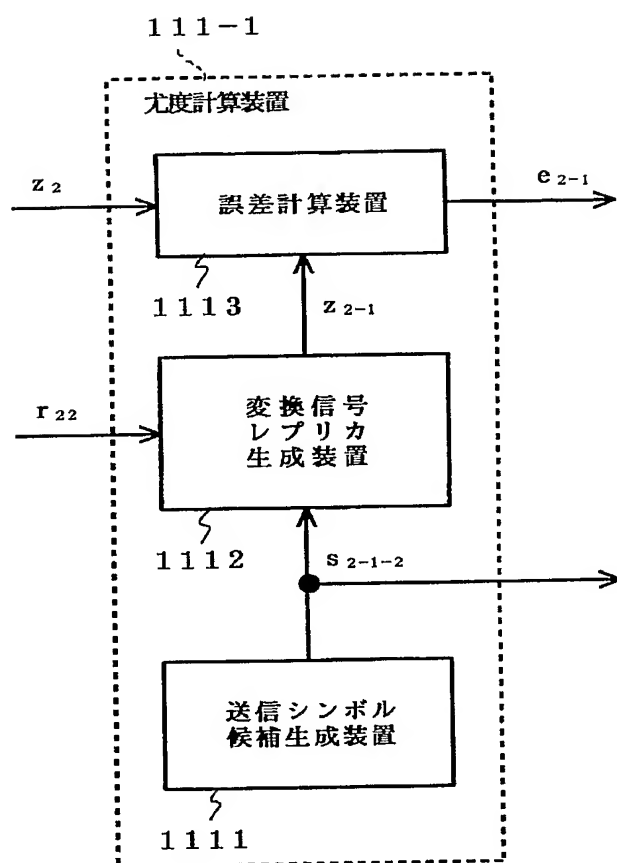
【図 22】



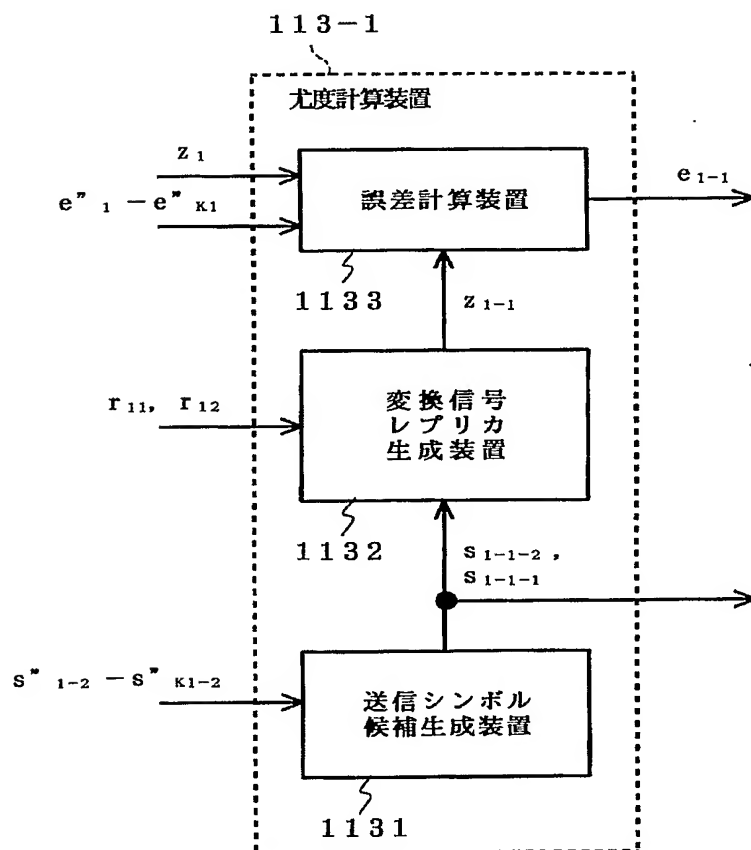
【図 23】



【図 24】

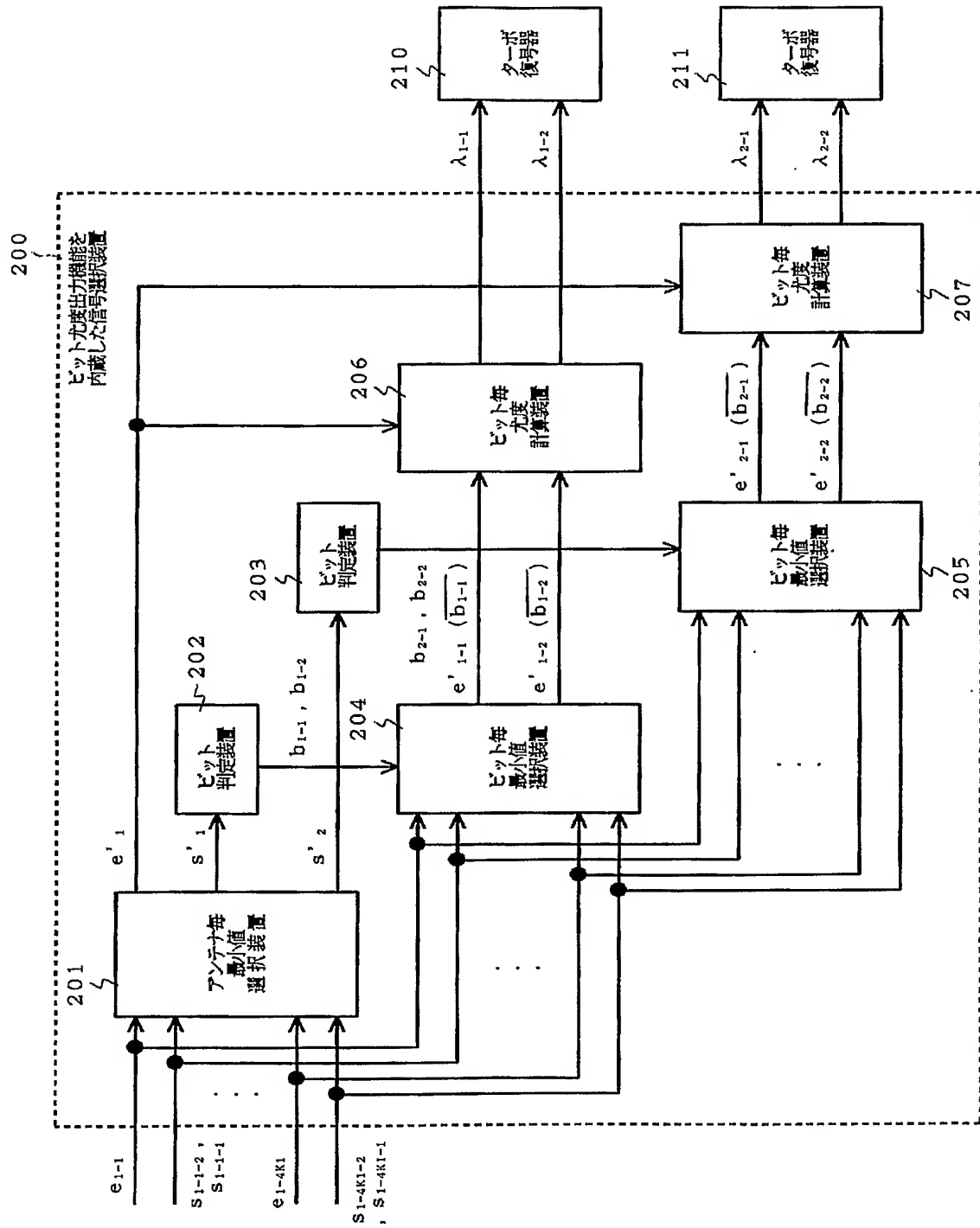


【図 25】

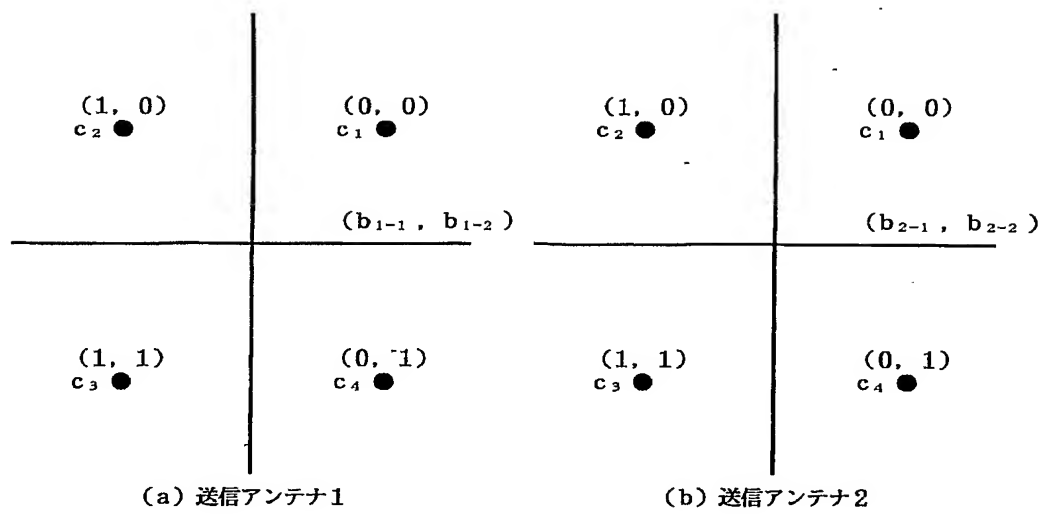




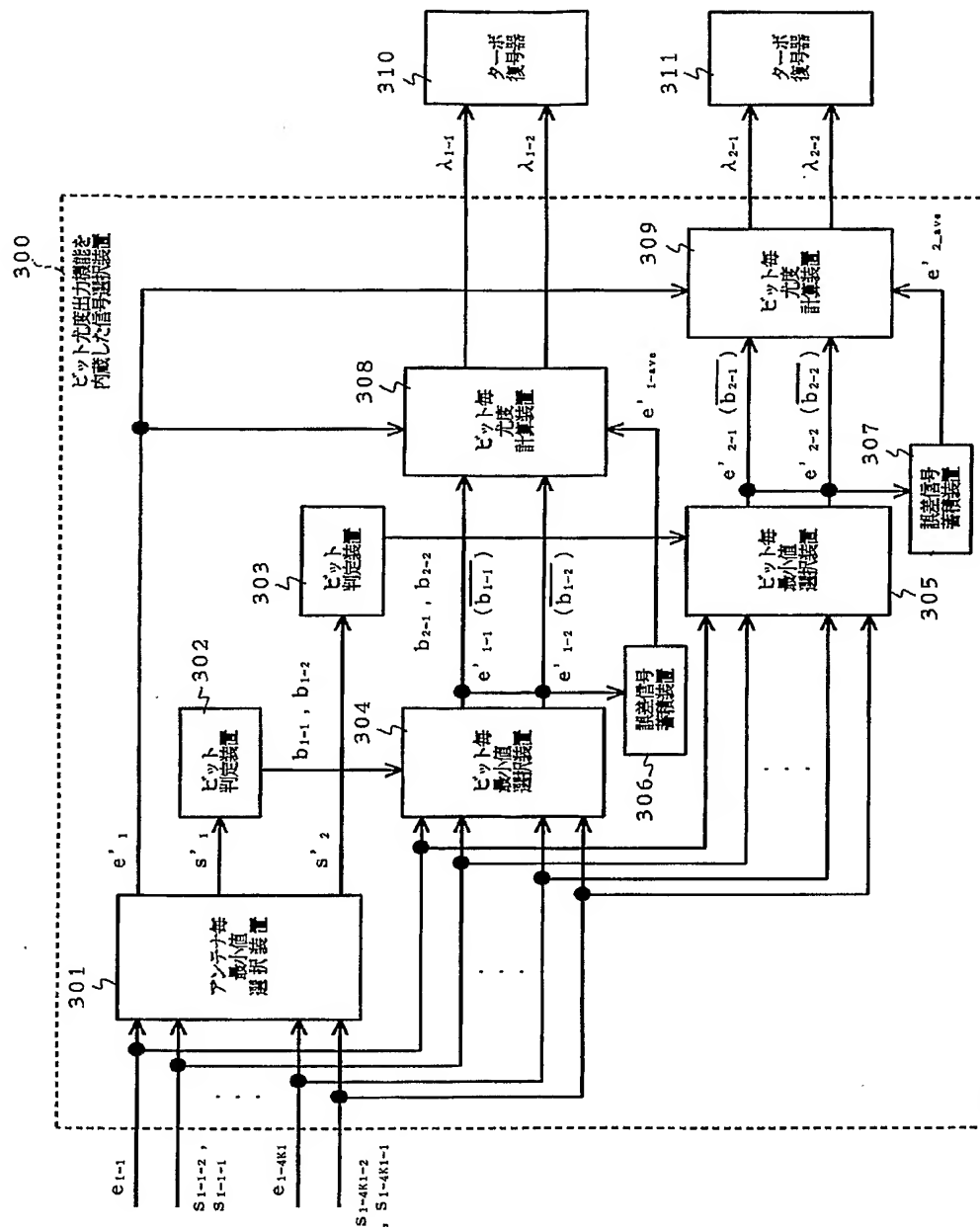
【図 26】



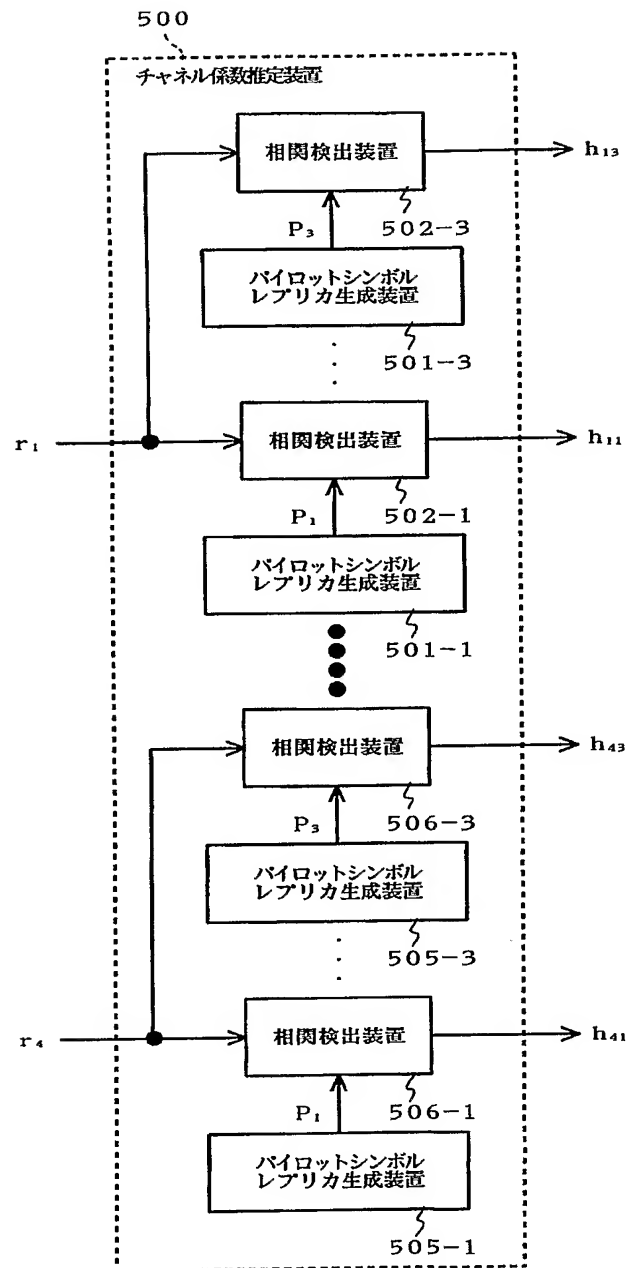
【図 27】



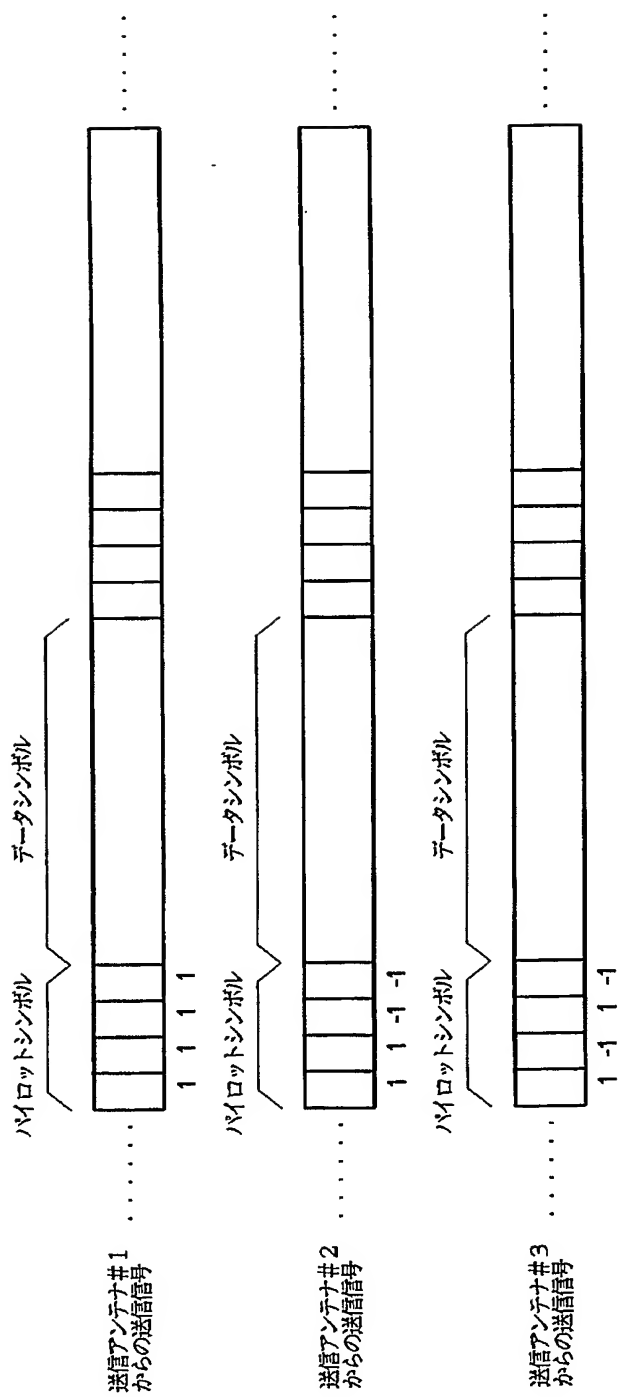
【図 28】



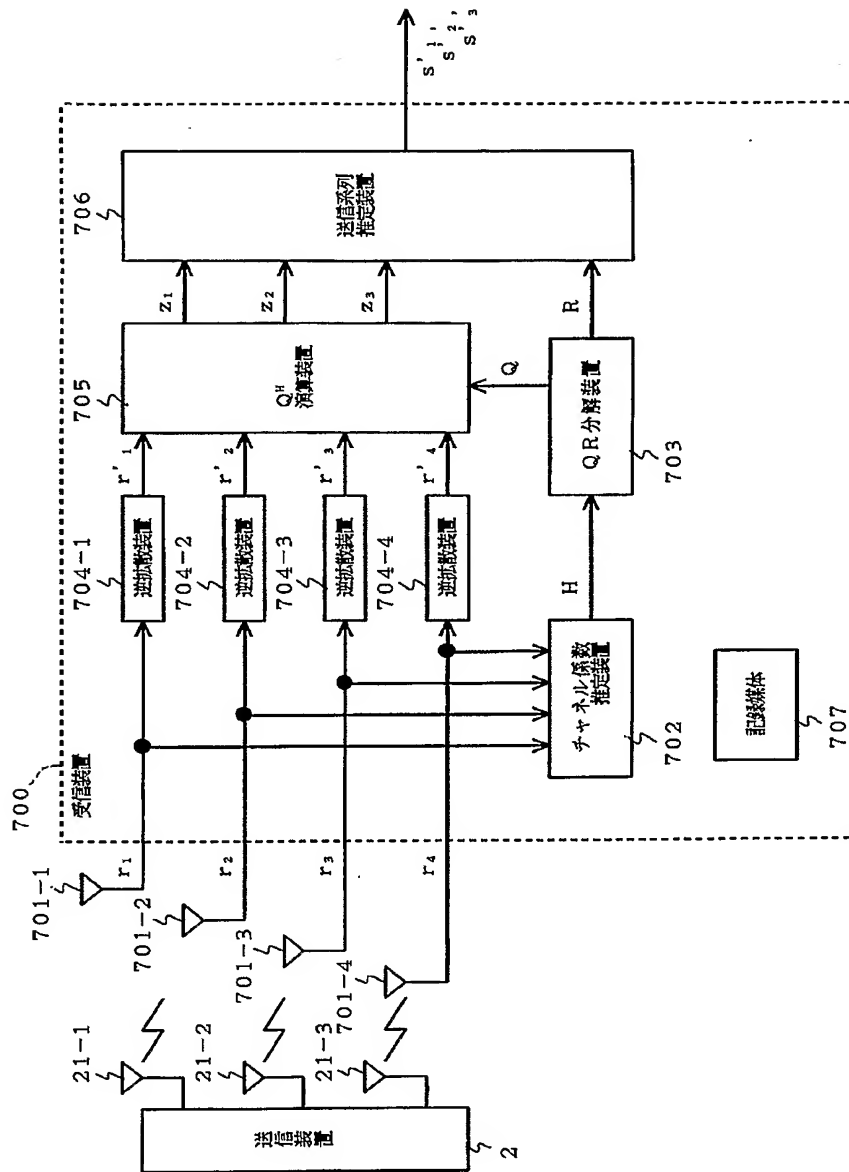
【図 29】



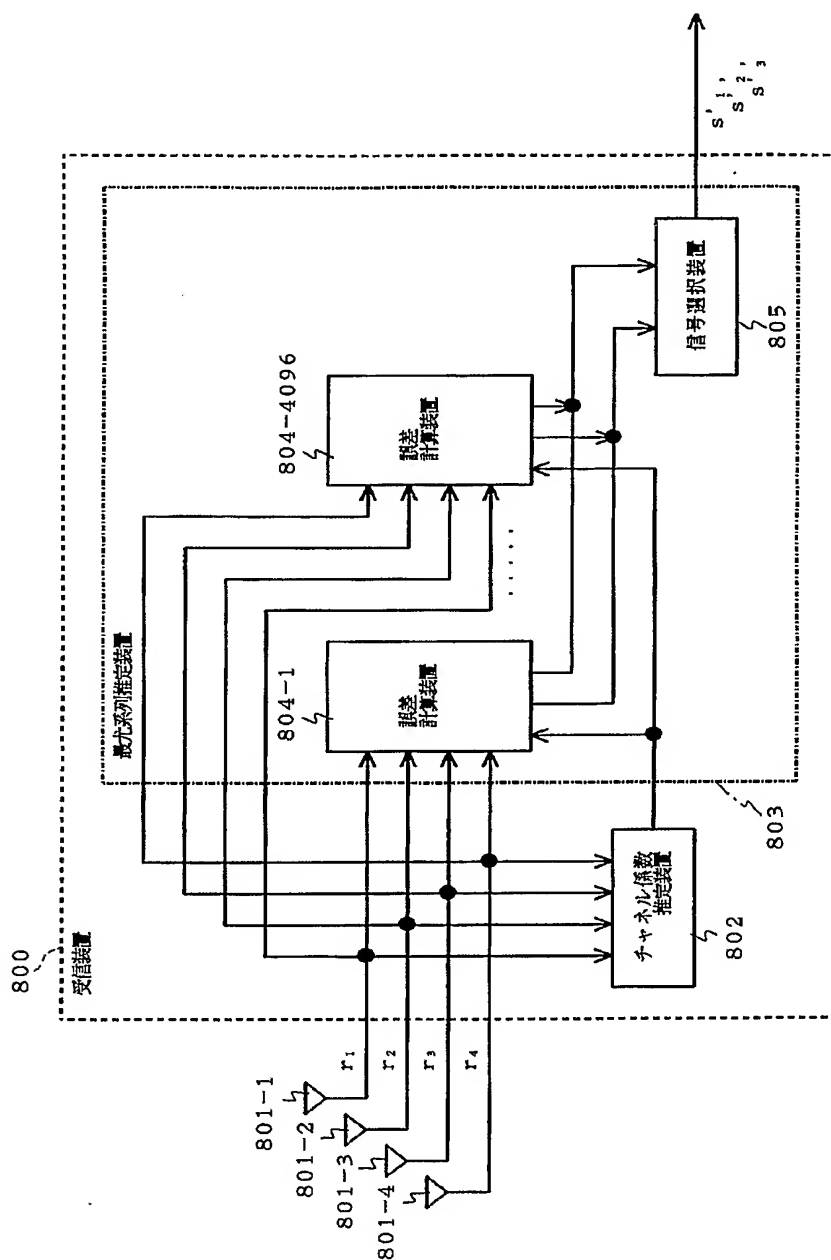
【図 30】



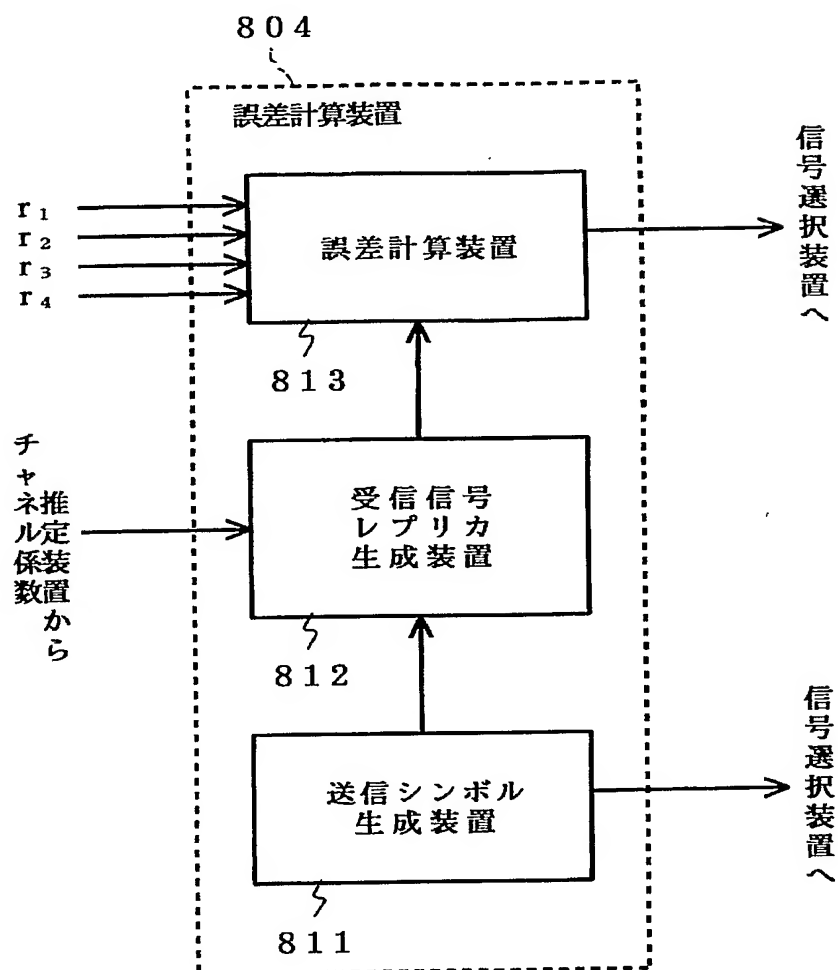
【図 31】



【図32】



【図 33】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非常に簡易な構成で信号を復調することが可能な受信装置を提供する。

【解決手段】 受信装置 1 は  $N$  本の受信アンテナ  $11-1 \sim 11-N$  を備え、各受信アンテナ  $11-1 \sim 11-N$  で信号を受信する。チャネル係数推定装置 12 は各受信アンテナ  $11-1 \sim 11-N$  で受信した信号からチャネル係数を推定して出力する。QR 分解装置 13 はチャネル係数を要素とするチャネル行列を入力として QR 分解を行って  $Q$  行列及び  $R$  行列を出力する。 $Q^H$  演算装置 14 は  $Q$  行列と受信信号とを入力として  $Q$  行列の複素共役転置行列を乗算して変換信号  $z$  を出力し、送信系列推定装置 15 は変換信号  $z$  と  $R$  行列とを入力として送信系列の推定を行う。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 4 - 0 3 5 8 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号  
氏 名 日本電気株式会社

特願 2 0 0 4 - 0 3 5 8 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社

特願 2004-035891

出願人履歴情報

識別番号

[392026693]

1. 変更年月日

2000年 5月19日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

東京都千代田区永田町二丁目11番1号

氏 名

株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ